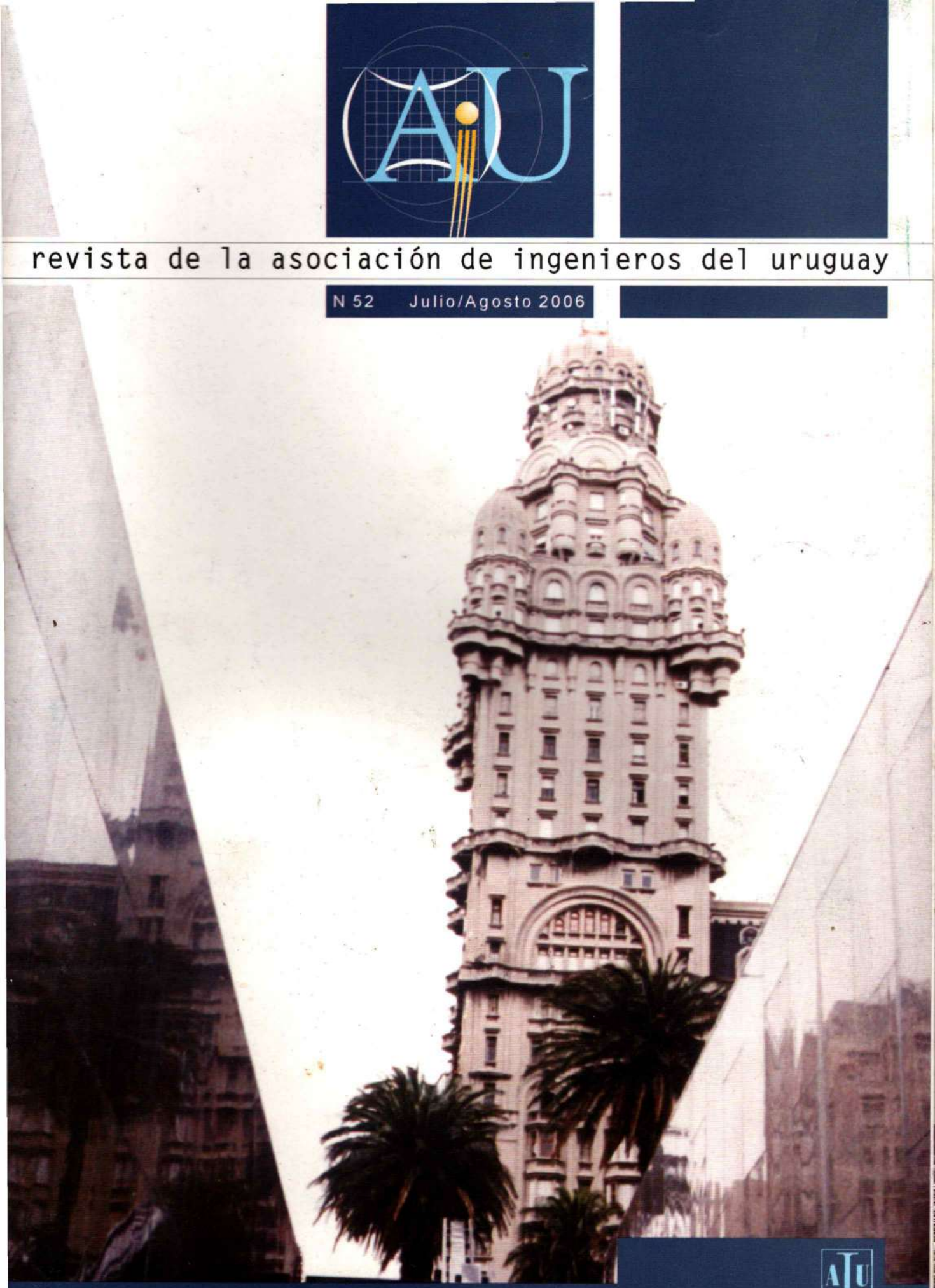
AIU

revista de la asociación de ingenieros del uruguay

N 52 Julio/Agosto 2006



ASOCIACIÓN DE INGENIEROS DEL URUGUAY

OSE
Obras Sanitarias
del Estado

REVISTA DE INGENIERÍA

contenido

Nº 52

3

Visiones globales vs. calculadas

ING. HELIOS PAZOS

7

Energía eléctrica a partir de la leña

ING. GIANFRANCO PREMUDA

11

Proyecto Ancap de Gas oil y Gasolinas de bajo contenido de azufre

ING. DIEGO IRABEDRA
ING. GUSTAVO DELISTOVICH
ING. MARIO RODRÍGUEZ

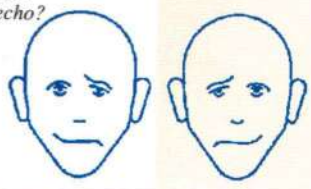
13

Sucro-Alcoholero: el etanol como aditivo en gasolinas

ING. AGRÓNOMO ALVÉRICO BANQUERQUE
ING. QUÍMICO NIKOLAI GUCHIN

16

¿Ingeniero izquierdo o derecho?



17

Uso directo de la energía solar para calentamiento de agua en viviendas

1 parte

ING. IND. CARLOS MARTOÑY

Enrique y Nosotros…

No soy muy bueno para las fechas. A Enrique lo conocí ya hace más de diez años largos, cuando empecé a entreverarme en los equipos de fútbol de Ingeniería. Él ya era veterano en aquel entonces y extrañamente no me parece que haya envejecido en todo ese tiempo. Al principio jugaba con nosotros como uno más. Luego fue dejando. Hicimos varios viajes juntos, todos con la "excusa" del deporte.

Siempre me asombró su energía para encarar las cosas, su fuerte convicción para defender sus puntos de vista, argumentando con solidez y entusiasmo. Sin duda, estaba convencido de lo que decía y hacía. No por eso dejaba de tomar en cuenta otras opiniones hasta llegar a la eventualidad de cambiar la suya propia. Como debe pasar en un colectivo de iguales. No obstante, todo un logro en alguien de tan fuerte personalidad como la de Enrique.

A comienzos de 2005 armó su lista para las elecciones de AIU, con la gente de su entorno, deportistas sí, pero también profesionales; con un programa ambicioso de cambios y como siempre y más que nada, con muchas ganas de meterse y pelearla… Ganamos. En realidad ganó la AIU con la gran participación obtenida. Y emprendimos un desafío inmenso justo en el año del centenario.

Esta última etapa estuvo sembrada de mucho sudor más que otra cosa, necesario para encarar la permanente aparición de desafíos nuevos que se suman a los problemas de siempre. Estuvimos trabajando siempre con Enrique en la primera línea como impulsor del accionar de todos nosotros. Ahora ese motor ya no está físicamente. Muchos de nosotros lo sentimos fuertemente. Pero está su mensaje y estamos los demás… El tiempo no se detiene. A tu salud, Enrique.

***José Luis Otero**, Secretario*

Comisión Directiva de la Asociacion de Ingenieros del Uruguay

Presidente
Ing. Claudio Brandino

1er. Vicepresidente
Ing. José Luis Debat

2º Vicepresidente
Ing. Ariel Nieto

Secretario
Ing. José Luis Otero

Prosecretario
Ing. Carlos Martony

Tesorero
Ing. Marcelo Erlich

Protesorero
Ing. Guillermo Risso

Vocales
Ing. Raúl Boado
Ing. Elena Ferreira
Ing. Daniel Greif
Ing. Alicia Cuba

Redactor Responsable
Ing: Martín Dulcini

Diseño Gráfico
Contraarte
contrart@adinet.com.uy

Administración y Publicidad
Editora de revistas S. R. L.
Vázquez 1434.
Tel. 408 5009, telefax: 401 4511

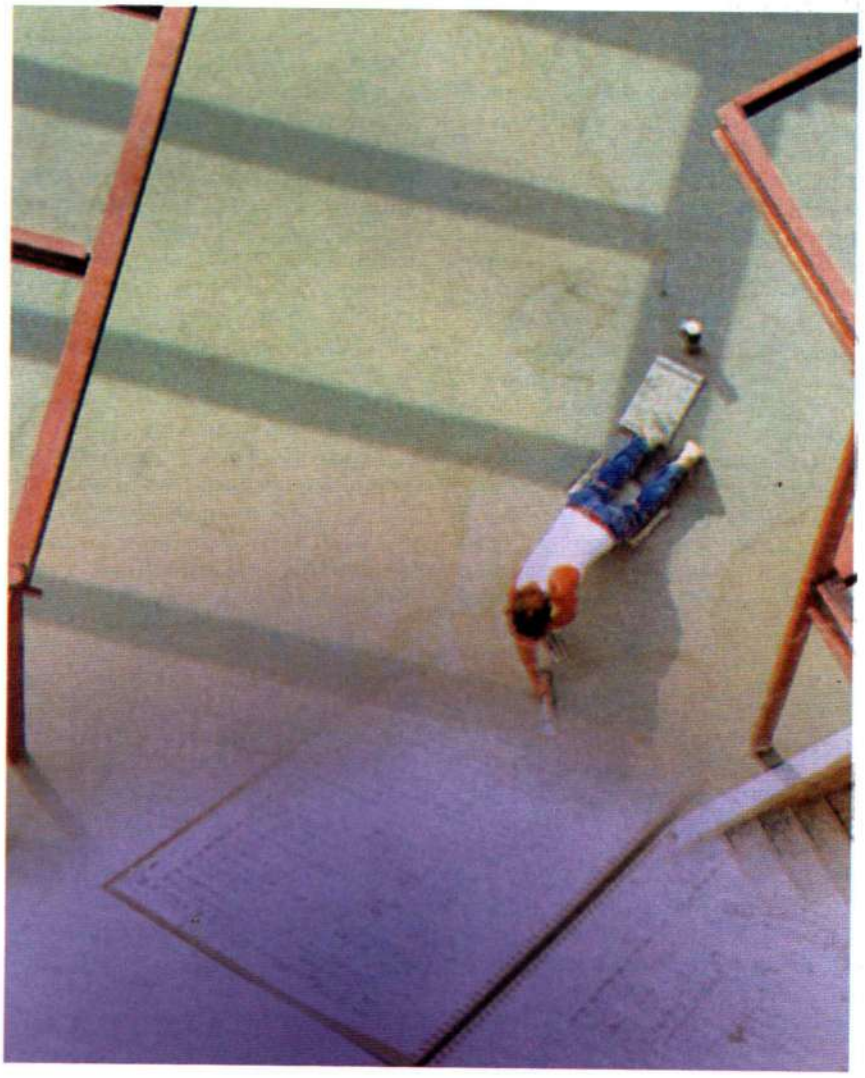
Impresión
Imp. AURELIA - D. L. Nº 257.156-96

Todos los derechos reservados.
Los artículos firmados que se publiquen son de total y exclusiva responsabilidad de sus autores y la Dirección de la Revista no se solidariza necesariamente con las opiniones en ellos expuestas. De acuerdo a las recomendaciones de la II Convención de UPADI se permite la transcripción de artículos o pasajes de los mismos solamente con la autorización previa y la indicación de la fuente respectiva.
Toda correspondencia debe ser encaminada a la Redacción: Cuareim 1492, telefaxes.: 901 17 62 - 900 89 51.
E-mail: aiu@adinet.com.uy.
Internet: www.aiu.org.uy
Por suscripciones dirigirse a la Redacción.
Publicación exonerada de todos los impuestos nacionales (Resolución del P. E. del 13/5/1965). Precio del ejemplar $ 20, (50% de descuento) para estudiantes de Ingeniería.
ISSN 0797-05060

La Asociación de Ingenieros del Uruguay está integrada por los siguientes profesionales universitarios Ingenieros: Civiles, Electricistas, Industriales, Industriales Electricistas, Industriales Eléctricos, Industriales Mecánicos, Mecánicos, Navales, Sist. en Computación.

visiones
globales vs. calculadas

21 octubre de 2005
Ing. Helios Pazos



EN TODOS LOS CAMPOS SON NECESARIAS LAS VISIONES CON ENFOQUES GLOBALES Y TAMBIÉN LAS QUE SON CONSTRUIDAS A PARTIR DE SUCESIVOS CÁLCULOS TEÓRICOS Y/O EXPERIENCIAS. AMBAS APROXIMACIONES SON COMPLEMENTARIAS, Y EVENTUALMENTE LOS RESULTADOS CALCULADOS PUEDEN SUGERIR O IMPONER NUEVAS VISIONES GLOBALES.

Nuestra enseñanza suele obviar las visiones globales y pone el énfasis en el uso de herramientas (de cálculo, de análisis, de sistematización, de organización de la información, etc.) que nos permiten llevar adelante los pasos necesarios en los problemas que son coherentes con esas herramientas, o para los cuales esas herramientas son apropiadas.

Frente a un problema, y previo a todo cálculo, la visión global puede determinar si existen datos redundantes, o incoherentes, o faltantes; puede establecer las diferentes vías de aproximación posibles; y puede explicitar las premisas tácitas que se toman como punto de partida básico.

Utilizamos aquí la palabra cálculo en su sentido más general como operación mental. Supongamos por ejemplo que se discute, desde un punto de vista jurídico o moral, una responsabilidad personal sin haber explicitado previamente la posición que se adopta frente a la existencia o no del libre

albedrío o el determinismo total. Los juicios que se produzcan no tienen porqué ser independientes de las premisas que se adopten.

Las visiones globales son una garantía de adecuación del enfoque, tienen las virtudes de la sencillez y la claridad, ponen de manifiesto la necesidad lógica de las cosas y constituyen un fallo inapelable.

Por lo tanto queremos establecer claramente la conveniencia y la necesidad de las visiones globales en todos los ámbitos de la acción y del pensamiento. Trataremos de ilustrar esto a través de varios ejemplos de diversa índole, comenzando por los más triviales y llegando a otros más complejos, que merecen un esfuerzo de reflexión.

1. una cuenta sencilla

Se plantea el pequeño problema: Dos personas A y B separadas 10 Km se ponen simultáneamente en marcha para encontrarse, A parte con una velocidad de 4 Km/h y B de 6 Km/h, mientras que un perro sale con A hacia B corriendo a 20 Km/h, cuando llega a éste vuelve a A, luego a B, etc, hasta que los tres se juntan. ¿Qué distancia total recorrió el perro?

Si hacemos los cálculos hasta que la distancia entre A y B sea menor que 1 cm, obtenemos como respuesta 19,99998 Km.

Los números elegidos facilitan una simple visión global: de los 10 Km iniciales de separación, en 1 hora A recorrió 4 Km y B 6 Km, completando el recorrido total, por lo tanto se encontraron en 1 hora. Si en ese tiempo de 1 hora el perro corrió a 20 Km/h, habrá recorrido en total 20 Km. La visión global nos brinda la certeza de no cometer errores en los cálculos, y nos muestra de paso que si el perro partiera de B, a pesar que las distancias parciales serían distintas, la respuesta es la misma.

2. una cuenta que podría ser engorrosa

Se tienen dos recipientes iguales conteniendo uno agua y otro vino[1]. Se pasa una cucharada de agua al recipiente con vino, se revuelve, se toma una cucharada de esta mezcla y se vierte en el primer recipiente. Pregunta: ¿qué cantidad es mayor, el agua que globalmente pasó al recipiente de vino o el vino que globalmente pasó al recipiente con agua?

No haremos ese cálculo, pero la visión global nos da la sencilla respuesta: si hubiera pasado globalmente mas agua que vino o viceversa, los niveles en cada recipiente habrían indefectiblemente variado, como esto no es así, ya que se puso y se sacó una cucharada, entonces las cantidades son idénticas.

Esta visión global tiene una sencillez, una necesidad lógica y una generalidad tal, que si el planteo hubiera sido con volúmenes iniciales diferentes y desconocidos, si los trasvases hubieran sido muchos pero en número par (todos con su ida y vuelta) y sin saber si en cada uno se revolvió hasta uniformizar la mezcla o no, el cálculo de volúmenes se complica un poco, pero la visión global es la misma, si el número de volúmenes sacado y puesto es el mismo en cada recipiente, entonces el nivel final es igual al original, y por lo tanto lo que salió es exactamente igual a lo que entró.

3. un caso real

Durante la realización de la estructura de hormigón de un hotel (que por motivos obvios no identificaremos) el capataz, según sus declaraciones, señaló en varias oportunidades al calculista que la disposición de armaduras en un área de pequeños volados le parecía inadecuada, y la respuesta que obtuvo fue sistemáticamente "la computadora me da eso". Luego de desapuntalar se observó efectivamente descensos del orden de 12 cm., que obligaron a modificaciones de proyecto y refuerzos de estructura.

La impresión que deja el episodio es que el calculista estaba preparado para utilizar sus herramientas, confiando en que bastaran a efectos del estudio del comportamiento de la estructura los datos que aceptaba su ordenador, y no para considerar las percepciones del capataz o transmitirle su seguridad en base a visiones conceptuales globales y comprensibles.

4. probabilidades

En los años en que era frecuente el secuestro de aviones circulaba la siguiente broma: sabiendo que la probabilidad de que hubiera una bomba en un avión era de 1 en 50.000, y que la probabilidad de que hubieran 2 bombas era enormemente menor, un viajero llevaba siempre consigo una bomba en sus viajes para de ese modo disminuir el riesgo de que hubiera otra. (La visión global del sentido común basta para descalificar su cálculo de probabilidades).

La seria y prestigiosa revista Science et Vie en su N° 1044 de setiembre de 2004 propone varios test, de los cuales el 5 y el 15, relativos a probabilidades, tienen una respuesta equivocada. En el primero el planteo es: en relación con una enfermedad cuya frecuencia es de 1 caso cada 10.000 personas, un hospital lamenta comunicar a alguien en quien se examinó la posible presencia de esa enfermedad, que el resultado del test, cuya eficacia es 99%, resultó positivo.

Se pregunta cual es la probabilidad de estar efectivamente enfermo quien recibe la carta.

La respuesta dada por Science et Vie es que la probabilidad es 1%.[2]

No detallamos aquí el mecanismo del error, pero una visión global nos indica que ningún médico, hospital ni laboratorio asignaría un valor de eficacia de 99% a un test cuyo resultado positivo significara una probabilidad de enfermedad del 1%.

5. un caso grave: la lógica parece equivocarse

Consideremos la situación siguiente:

1. Hay dos cofres numerados 1 y 2.
2. Uno de los cofres contiene un botín.
3. Cada cofre tiene un cartel con una sentencia sobre cuya veracidad no nos responsabilizamos.
4. El cartel N°1 dice "El botín está en este cofre"

El cartel N°2 dice "Sólo uno de los carteles es cierto".

El análisis lógico de las combinaciones de las cualidades de verdadero o falso de ambos carteles conduce a la conclusión que el botín está en el cofre N° 2.[3]

Existe una visión global que nos permite señalar que inequívocamente esta solución al problema de la ubicación del botín es incorrecta, dado que alguien puede tomar la situación descrita en 1 a 4 y replantear el problema previo cambiar el botín de cofre, lo cual no viola ninguno de los 4 puntos del planteo, que siguen formalmente idénticos y tan vigentes como antes.

Como para estas dos situaciones distintas tenemos una sola descripción (formalmente idéntica) es obvio a priori que ningún razonamiento sobre los carteles puede identificar los contenidos.

Decimos que este caso es grave porque las soluciones del cálculo y de la visión global son totalmente incompatibles. El resultado de la visión global es inapelable, y el error del cálculo no es obvio.[4]

6. filosofía

En una reunión social realizada en algún momento del siglo XVII se cuestionaba a Pierre de Fermat como increíble malabarista del cálculo y capaz de demostrar cualquier cosa, por ejemplo que si 2 + 2 son 5 entonces concluir que él era Dios. El aludido se volvió hacia el crítico diciendo: "Pero eso es evidente, si 2+2 son 5, restando 3 a cada miembro resulta que uno es igual a dos, y entonces Dios y yo somos uno".

Como sucede con esta ocurrencia, o con lo expresado en 4 (Probabilidades) o en casos como la paradoja de Olbert[5], la visión global del resultado obtenido basta para descalificar el cálculo que condujo a él, independientemente del hecho que el error se haya encontrado o no.

El tema no es tan obvio si se trata de cuestiones en las que no tenemos a priori la certeza de la respuesta. Tomemos un caso conceptualmente grave: los físicos cuánticos, con todo su merecido prestigio, decretaron la muerte de la causalidad, que constituye para casi todas las personas un principio básico adoptado como necesidad lógica de nuestro pensamiento.

En general para el filósofo el tema no es sencillo. Como no existen hechos de pura observación, sino que éstos adquieren significado sólo a través de la teoría que los coordina y explicita, el filósofo se ve obligado a alojar junto a sus categorías el paquete intacto que le entrega la ciencia. Las visiones globales por lo tanto no permanecen ajenas a la impronta que en los dominios específicos imponen la autoridad y las tendencias de quienes conducen el cultivo de esas áreas. No es fácil, en consecuencia, cuestionar conceptos que aparentan estar demostrados por cálculos científicos[6].

Tenemos aquí entonces un conflicto entre las visiones globales y las imágenes de la realidad construidas a partir del cálculo o la experiencia. Este problema es resoluble para un epistemólogo, que distingue el hecho que la causalidad no aparezca en la estructura de las teorías físicas (que describen perfectamente nuestro conocimiento de la realidad), del hecho que la causalidad ri-

SIMBIOSIS
www.ciu.com.uy
APROBADO
Formación
a distancia
de alto nivel académico
Maestrías de la Universidad Politécnica de Madrid
El Centro de Estudios de Postgrado de Administración de Empresas (CEPADE), de la Universidad Politécnica de Madrid, te ofrece a través de la Cámara de Industrias del Uruguay como única Institución Asociada, 21 Programas Master, 20 Programas de Especialización y más de 200 cursos de formación permanente para Directivos y Profesionales. Desde 1999, más de 200 profesionales uruguayos están realizando estudios de Postgrado y Maestrías, muchos de los cuales ya tienen su Título Master de la Universidad Politécnica de Madrid.
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID
CIU
CAMARA DE INDUSTRIAS DEL URUGUAY
Inicio de cursos: Octubre de 2006
Informes: Cámara de Industrias del Uruguay, 604 04 64, int. 225, Sra. Rosario Cabrera
cepade@ciu.com.uy - www.ciu.com.uy - www.cepade.es

ja o no en los encadenamientos naturales.

7. naturaleza del conocimiento

En un bello ejemplo de Sir Arthur Eddington[7] un ictiólogo trata de sistematizar los resultados de múltiples observaciones de peces recogidos con una red de 5 cm de abertura de malla y formula su primera ley empírica "todos los peces miden más de 5cm.". Aunque el ictiólogo declara que no le interesan los peces metafísicos que él no pueda pescar, sino sólo los que realmente pesque, un epistemólogo le señala que esa ley la podría haber obtenido sin efectuar una sola redada, observando simplemente el método de conocimiento.

En este ejemplo lo importante no es la coincidencia de las leyes obtenidas, o la ventaja de la necesidad lógica de la visión global, sino revelar aspectos muy diferentes en la naturaleza misma del conocimiento.

La ley obtenida por el ictiólogo está originada en la sistematización de experiencias a partir de las cuales obtenemos patrones de cómo ocurren efectivamente las cosas en la naturaleza.

La misma ley obtenida por el epistemólogo está basada en el análisis de nuestro modo de conocimiento (examen de la red) y por lo tanto lo que va a describir exactamente es nuestro conocimiento de la realidad, mas que la realidad misma. Por lo tanto si cambiamos nuestras herramientas o el modo de conocimiento podrán también cambiar las leyes que expresen ese conocimiento.

En el largo trayecto de la elaboración del conocimiento se han transitado caminos de gran paralelismo con ejemplo citado:

La ley de conservación de la energía fue formulada en 1842 a partir de las experiencias de James P. Joule, quien transformaba trabajo mecánico en calor y llegó a comprobar con sus cuidadosas medidas las invariancias que dieran primer fundamento a dicha ley.

Desarrollos formales posteriores concluyeron algo tan sorprendente como que si postulamos que la historia no cambia si variamos el origen de la medida del tiempo, entonces se puede deducir a partir de allí la ley de conservación de la energía. (Teorema de Noether, 1918).

Siendo la expresión de un mismo orden, son distintas, por una parte la ley extraída de la realidad exterior a nosotros mediante sucesivas experiencias, y por otra la ley que expresa la traducción de un postulado básico nuestro. La primera corresponde a una visión calculada a partir de experiencias, la segunda a una visión global. La naturaleza del conocimiento expresado en ambas y su necesidad lógica pertenecen a categorías diferentes.

resumen

Ningún ámbito escapa a la necesidad de enmarcar nuestra acción o nuestro pensamiento en visiones globales. Ellas brindan el marco correcto, la sencillez, la claridad, la necesidad en sentido lógico y la interpretación mas profundamente adecuada. Trataremos por lo tanto de promover la imposición del uso permanente de ese enfoque y destacar su valor.

Ello nos ayudará a tener más confianza en nuestro "sentido común" y a no desecharlo sino con muy buenas razones, y no solamente por oponerse a la autoridad que parezca respaldar a una visión calculada con aparente corrección. Nos ayudará también a exclamar: "el emperador está desnudo", si nos toca vivir situaciones como las del cuento "El traje nuevo del emperador" de Hans C. Andersen.

[1] Decimos agua y vino para respetar el problema original, pero si se quiere ser preciso puede considerarse bolillas blancas y bolillas negras, sustituir volúmenes por cantidad de elementos, uniformidad por igual proporción de bolillas de un color en cualquier unidad de volumen.

[2] Citando el cálculo de probabilidades de Bayes, la revista razona: si la eficacia del test es 99%, entonces falla en el 1% de los casos, luego cada 10.000 personas se cometen 100 errores. Como cada 10.000 personas hay un solo enfermo y 100 comunicaciones positivas de enfermedad, la probabilidad de estar efectivamente enfermo es de 1/100 = 1%.

[3] Las combinaciones posibles son:

	Cartel 1	Cartel 2
Posibilidad A	Verdadero	Verdadero
Posibilidad B	Verdadero	Falso
Posibilidad C	Falso	Verdadero
Posibilidad D	Falso	Falso

A no es posible, es contradictorio con que "Sólo uno es cierto" sea verdadero.
B no es posible, es contradictorio con que "Sólo uno es cierto" sea falso
C y D, únicos posibles, indican Cartel 1 Falso (El botín está en este cofre), luego el botín está en el cofre Nº 2

[4] Lenguajes Naturales y Lenguajes Formales - VIII Congreso Indecidibilidad en lenguaje natural - Helios Pazos Promociones y Publicaciones Universitarias - Barcelona 1992.

[5] Olbert (1823) calculó la cantidad de luz que recibimos de las estrellas, llegando a la conclusión de que no debía estar oscuro de noche. Lo que faltaba en su cálculo era la corrección correspondiente a la expansión del universo, aún no conocida.

[6] Determinismo y Causalidad - Helios Pazos.Edición Pettirossi Hns. - Montevideo 1983.

[7] La Naturaleza del Mundo Físico - Sir Arthur S. Eddington. Editorial Sudamericana - Buenos Aires 1945

energía eléctrica a partir de la leña

Ing. Gianfranco Premuda

- 1 Disponibilidad de Leña
- 2 Productividad del Bosque
- 3 Cultura Nacional en el Tema
- 4 Análisis Económico
- 5 El Problema Logístico
- 6 Resumen y Conclusiones
- 7 Plantar para Trasportar
- 8 Secar para no Almacenar
- 9 Secadero
- 10 Conceptos y Datos

1. disponibilidad de leña

No somos un país petrolero.

Sin embargo contamos con una riqueza mayor al petróleo.

Hoy tenemos plantados tantos bosques que, sin plantar más, podríamos producir con ellos quince veces más energía de la que precisamos, sin perder nuestra riqueza forestal.

Diciendo esto de otra manera:

Con el crecimiento natural de los bosques ya plantados nos permitiría, de contar con centrales térmicas a leña, duplicar la producción de la represa de Salto Grande, Gabriel Terra, Palmar, Rincón del Bonete y las centrales térmicas de Montevideo.

Debemos recordar que tenemos plantada una pequeña superficie de bosques todavía.

2. productividad del bosque

Una central térmica funcionando con leña y entregando la potencia de Rincón de Bonete, necesita una superficie de bosques equivalente a la mitad de hectáreas que hoy ocupa el lago de la misma represa.

El bosque es una pila solar muy eficiente en nuestro país. Un árbol en Finlandia tarda 80 años en crecer, mientras que nosotros podemos cortar árboles para quemar cada 5 años.

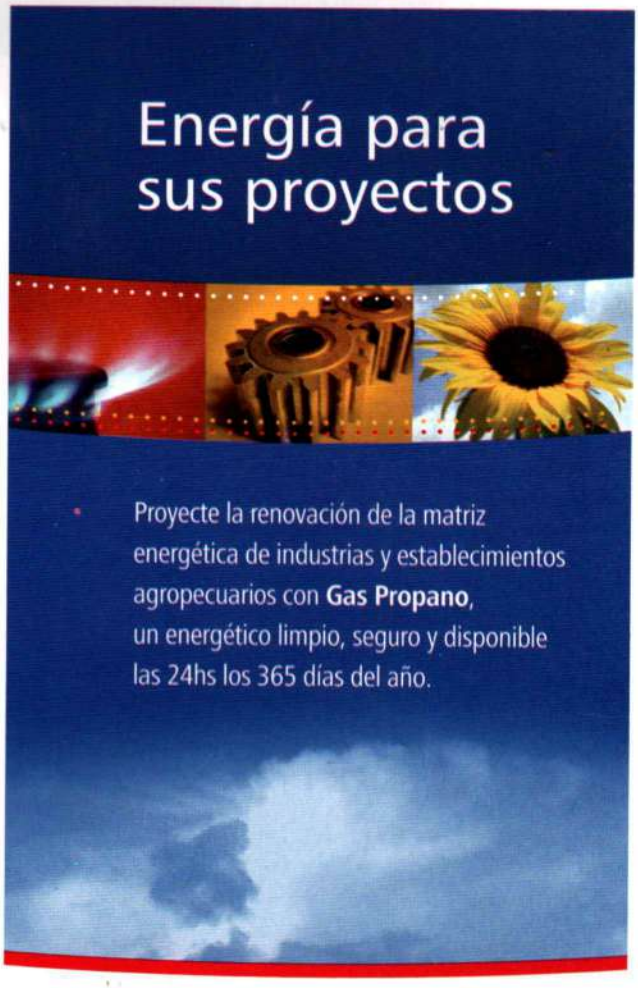
3. cultura nacional en el tema

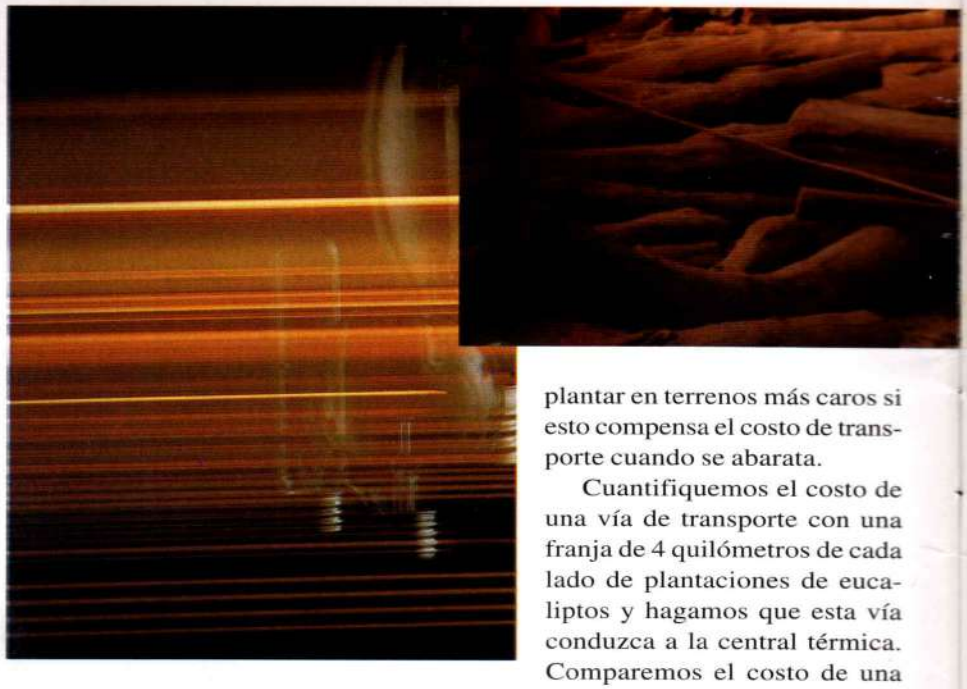
En Uruguay podemos dar clases al mundo en tecnologías relativas a la quema de leña en calderas.

Tenemos tres tecnologías para elegir:

- quema directa.
- gasógeno y cámara torsional de gases.
- chipiado o aserrín y cámara torsional de sólidos.

Las estamos exportando y lo estaríamos haciendo en mayor escala si fuéramos suecos o alemanes. Debemos ser concientes que para Uruguay es más conocido por exportar soja, arroz o carne que marcapasos, aparatos contra las heladas, software, controles de ascensores, unidades potabilizadoras de agua o calderas a leña.





4. análisis económico

Somos el único país del mundo que logró sustituir el 60% de su energía térmica industrial derivada del petróleo.

Lo logramos usando leña como combustible. Lo hicimos durante unos cuantos años.

Esta tendencia se está dando ahora nuevamente. La razón: cuesta la mitad del combustible más barato de plaza que es el gas.

Llevé, hace algunos años, al decano de la Universidad Estatal de Rio de Janeiro, Ing. Meireles a conocer una fabrica textil de plaza. Cuando llegamos a la sala de calderas y vio lo simple que era el manejo de la leña exclamó entusiasmado: "Esto es mucho mejor y tiene más sentido para América que todo nuestro plan de usar alcohol como combustible".

Hace unos meses llevé a tres industriales italianos a conocer una caldera nuestra funcionando con leña con gasógeno y cámara torsional y recuerdo complacido la mezcla de asombro y entusiasmo en sus caras.

5. el problema logístico

Conozco por lo menos cuatro grandes empresas de plaza que pueden producir su propia energía eléctrica a partir de la leña y podrían venderla si las dejaran.

Sin embargo debemos reconocer que usar leña es engorroso, antiestético y primitivo.

Plantar árboles, esperar que crezcan, cortarlos, transportar la leña a las centrales térmica-eléctricas, esperar que se seque, moverla dentro de las centrales y quemarla da pereza solo al pensarlo.

Y lo peor: no lo hace nadie en el mundo en gran escala.

Si comparamos esto con la tecnología del gas donde llega el combustible por un caño y al quemador automáticamente, no la elegiremos nunca, salvo que sea más barata.

Conozco casos donde la inversión de reconvertirse a leña se recuperó en tres meses.

Tenemos todo a favor de la leña menos la logística.

A continuación describiremos algunas ideas tendientes a reducir los problemas de logística de una central térmica a leña.

6. plantar para transportar

Generalmente se planta en los lugares donde la tierra es apta o es de uno.

En el caso de plantar para producir energia electrica el planteo es diferente.

En un país como el nuestro donde la tierra es barata y el costo de transporte es caro, podemos encarecer por plantar en terrenos más caros si esto compensa el costo de transporte cuando se abarata.

Cuantifiquemos el costo de una vía de transporte con una franja de 4 quilómetros de cada lado de plantaciones de eucaliptos y hagamos que esta vía conduzca a la central térmica. Comparemos el costo de una central hidráulica con su lago. Gana la central térmica a leña lejos.

Se debe tener en cuenta que centrales hidráulicas no habrá más porqué no tenemos más ríos. Además son mucho más contaminantes por el metano que se genera en los lagos de las represas.

La vía de transporte puede ser un río o rieles para ferrocarril que funcione a leña y esté diseñado para el transporte de leña.

La propuesta es colocar el bosque al lado de la via de transporte que conduce a la central.

¿A quien se le ocurre no poner el lago al lado de la represa hidráulica?

7. secar para no almacenar

Toda instalación conocida que quema leña para generar vapor, usa como materia prima leña seca (3 a 6 meses de estacionamiento en pilas de 2 metros de altura y pasillos de 3 metros. Hay variantes).

El costo de mantener este stock es alto y requiere un gran espacio (10 hectáreas para 40 Toneladas por día de consumo de leña).

Las empresas generalmente compran leña verde para asegurarse una humedad final baja y constante.

Lo anterior vale si se usa leña de 50 cm. a 100 cm. de largo. En el caso de usar chips o residuos el secado al aire se complica.

Para evitar el manejo de este stock para secar, la propuesta es USAR LEÑA VERDE COMO MATERIA PRIMA.

Esto se puede hacer si se diseña un secadero eficiente, automatizado y capaz de secar grandes volúmenes en poco espacio.

9. secadero

Experiencias realizadas demuestran que un leño a 200 grados se seca en dos horas sin perder poder calorífico.

Un buen secadero se caracteriza por lograr que cada leño tenga una historia de secado igual.

Los secaderos rotativos de las azucareras permiten ingresar sólidos húmedos junto a aire caliente por una punta y las rotaciones horizontales mezclan a los sólidos haciendo que entren en contacto con el aire caliente

Los secaderos de granos son recipientes verticales donde los granos bajan por gravedad y el aire caliente los cruza horizontalmente.

En los altos hornos o en los gasógenos el material entrante se introduce por la parte superior a través de una válvula que permite la entrada del sólido y no deja entrar o salir al aire o los gases interiores. Baja por gravedad y se transforma en otro material (ceniza) que sale del fondo a través de una válvula rotatoria.

En todos estos casos conocidos se logra que la historia de cada trozo de material sea la misma.

El secadero que estamos proponiendo para leña de hasta un metro de largo o chips es esencialmente un gasógeno donde la temperatura de 200 grados no deja que la leña se transforme, saliendo por abajo como leña seca.

La forma del secadero será cilíndrica. Su diámetro mínimo dependerá del largo de la leña. Su altura determina la producción que se requiere por hora, recordando que el tiempo de permanencia a 200 grados será de dos o tres horas.

La madera que entra no puede girar y debe bajar pareja, por lo tanto se construirán bafles verticales.

La leña baja por gravedad hasta un disco inferior de mayor diámetro que el secadero.

Este disco será giratorio y tendrá una espiral de Arquímedes para empujar la leña hacia la periferia en forma pareja, formando un cono desde el borde inferior del secadero hasta el borde del plato giratorio.

La válvula de entrada puede ser:

- un cono giratorio con un hueco no pasante que se llena cuando está abierto arriba y descarga cuando está boca abajo. El agujero superior e inferior no están conectados entre si en ningún caso y por lo tanto no sale ni entra aire. El cono giratorio ajusta sobre un cono fijo exterior donde está la entrada y salida del material.
- una compuerta.

En ambos casos se realiza un proceso batch. Durante un breve periodo de tiempo hay una entrada de una definida cantidad de leña y durante un largo periodo de tiempo hay un cierre hermético mientras se forma de nuevo la cantidad de leña prevista y así sucesivamente.

Si se elije la alternativa de la válvula cónica, la estanqueidad está asegurada por el diseño. Si se elije la compuerta, estamos obligados a evitar el salto de presión entre la parte de adentro y afuera del secadero para evitar la salida de aire caliente cuando entra la leña. El batch se puede formar sobre una cinta transportadora mientras la compuerta está cerrada. Cuando se introduce el batch la presión interna deberá ser la atmosférica.

La velocidad de la cinta durante la introducción de la leña puede aumentarse para disminuir el tiempo muerto.

La leña seca es recogida desde el borde del plato giratorio por un rascador fijo que arrastra la leña hacia una cinta transportadora que la lleva al proceso siguiente de quemado.

La presión del aire interior a la altura del plato debe ser la atmosférica para que no salga aire caliente hacia el exterior. Para esto se necesita un ventilador que empuje el aire caliente hacia abajo y un aspirador que chupe el aire hacia la chimenea. El extractor de aire puede ser un una chimenea central al secadero o una camisa exterior al secadero.

Las dificultades prácticas para un movimiento regular de la leña aparecen en el cambio de dirección de la leña cuando, cerca del final del proceso, pasa de un desplazamiento vertical a uno horizontal centrifugo. Hay una zona de transición sobre el plato giratorio. Se resuelve con una reja de rayos horizontales colocada sobre el final del cilindro del secadero. El plato conviene que

NUEVAS OFICINAS
DEL DEPARTAMENTO INMOBILIARIO
Rambla de Malvín esquina Colombes - Tel: 619 10 10
También en Tres Cruces: Mario Cassinoni 1696, Of. 105. Tel. 40 222 04
CAMPIGLIA
CONSTRUCCIONES
por un país mejor

gire un ángulo hacia delante y retroceda un ángulo menor para ayudar lo anterior.

Los gases calientes para el secadero pueden provenir de la chimenea de la caldera y con esto evitar usar leñas adicionales para secar.

Nos hemos detenido en la descripción del secadero porqué es el elemento que permite usar como materia prima la leña verde con su posible automatización y mejora en todo el manejo.

10. argumentos y datos

1. Escuché una conferencia dictada por el Ing. Jiro Horikoshi (el mismo que diseñó los aviones Zero), en Tokio, en el 1970. El tema: *Ingeniería y civilización.*

Hoy todavía recuerdo esa charla por el impacto que me causó entonces.

"Si definimos Cultura como la cantidad de megavatios hora consumidos (MWH) por habitante de la tierra y por año, y hacemos un grafico: Cultura / Tiempo.

Desde -60000 años al 1900 la cultura fue en ese período muy baja y pega un salto enorme a partir de esa fecha.

Ese salto se debe al petróleo.

Debemos considerar al petroleo como un regalo de los dioses a la humanidad.

La humanidad no tendrá otra vez un regalo así de grande.

Hago mis mejores deseos para la humanidad para que sepa aprovechar este regalo y aprovecharlo para desarrollar una alternativa que permita seguir aumentando la cultura cuando falte el petróleo".

2. Desde el diario Le Monde 25/6/2005 Energías renovables: una decisión se impone.

"Un reciente estudio de la Nasa basado sobre observaciones a partir de satélites confirma que la energía recibida por la Tierra, vía rayos solares, es superior de la emitida. Esta observación tiene como consecuencia una acumulación de energía en la superficie de la Tierra, responsable del cambio climático.

En este momento la preocupación mayor es conseguir más energía.

Las energías renovables son las únicas que no incrementan el efecto invernadero.

Estas son: la biomasa, la cólica y la solar. La biomasa es sin duda la principal.

Dentro de alguna decena de años el desequilibrio energético creado por el efecto invernadero, se volverá la mayor preocupación de la humanidad.

Debemos darle un fuerte impulso a las energías renovables. Ellas no solamente reducen nuestra dependencia energética, si no reducir la emisión de gas y disminuir el efecto invernadero".

3. Los cálculos que permiten afirmar esto son los siguientes:

* Para el futuro podemos considerar un crecimiento proyectado en 180000MWH por año.
  · Para una central térmica a fuel se cumple que para generar un MWH se precisan 290 Kg. de fuel.
  · En una caldera eficiente se cumple que 0,32 lt. de fuel dan la misma energía que 1 Kg. de leña seca.
  · Una Ha. de bosque crece a razón de 30.000 Kg. por año, que corresponden a 20000 Kg. de leña seca.
  · En Uruguay hay plantados 800.000 Ha. de bosques artificiales.
* Se deduce que una Ha. de bosque genera con su crecimiento una posibilidad de generar 21 MWH por año y como en Uruguay hay 800 mil Ha. estas generarían 16.800.000 MWH por año. Si comparamos esta cifra con la producción real anual de electricidad de 9.600.000 MWH podemos afirmar que es equivalente. Si la comparamos con las necesidades anuales nuevas de 180.000 MWH para tener un buen crecimiento económico, es 60 veces mayor. Podemos tomar 15 veces mayor.
* La represa Gabriel Terra tiene una superficie de lago de 1070 Km.^{2} y puede generar 160MW.
  Si trabaja 24 horas por día y 360 días por año puede generar 1.380.000 MWH por año.
  La superficie de bosque que permitiría generar lo mismo es de 660 Km.2 (21 MWH por año y Ha.).
  Por lo tanto el bosque que ocuparía el lugar del lago es 62% mas chico que el lago (100%).
  Se debe decir que esto no sucede con las otras represas del país. Exceptuando Salto Grande, tenemos 1490 Km.^{2} de lagos con 601 MWH instalados. Para generar lo mismo necesitaríamos 2500 Km.^{2} de bosques (167%).

proyecto Ancap de Gas oil y Gasolinas de bajo contenido de azufre

Ing. Diego Irabedra
Ing. Gustavo Delistovich
Ing. Mario Rodríguez

ANCAP SE ENCUENTRA ABOCADA AL PROYECTO DE TRES NUEVAS PLANTAS PARA REDUCIR LA PRESENCIA DE AZUFRE EN EL GAS OIL Y LA NAFTA.

Para esto se van a construir: una unidad hidrodesulfurizadora de gasoil (DHDS) de una capacidad de procesamiento de 18000 barriles por día, una unidad hidrodesulfurizadora selectiva de la gasolina producida por la unidad de Cracking Catalítico (FCCU) con una capacidad de procesamiento de 6000 barriles por día y una unidad recuperadora de azufre (SRU) con una capacidad de recuperar hasta 35 ton de azufre líquido por día.

La unidad DHDS aplica un proceso que permite reducir la presencia de azufre en el gas oil hasta un máximo de 50 ppm wt.

En la actualidad la especificación del contenido máximo de azufre del gas oil permite hasta 8000 ppm wt, estando el promedio del producto que se expide en las estaciones de servicio en 4000 ppm wt.

El producto, que comercialmente se conoce como nafta, se compone de la mezcla de diferentes tipos de gasolinas que se obtienen de diferentes unidades del proceso de refinación.

De las corrientes que se utilizan en la actualidad (luego de la puesta en marcha, en 2003, de las unidades de Octanizing (OCT) e Isomerización (ISO) para producir nafta, la única que aporta azufre es la que proviene del Cracking Catalítico, por lo cual para reducir el azufre en las naftas se debe atacar dicha corriente.

La planta hidrodesulfurizadora selectiva de gasolina de cracking permite reducir el azufre hasta un máximo 30 ppm wt, estando en la actualidad en un promedio de 700 ppm wt.

Con esto podemos reducir a menos de 30 ppm wt la

Certificación de calidad ISO 9001:2000

ANCAP ha mantenido, a lo largo de su trayectoria los más altos niveles de calidad en toda su línea de productos y procedimientos.

Acorde a esta conducta, luego de un largo y exigente proceso, tenemos el agrado de comunicarle que LUBRICANTES ANCAP ha obtenido la certificación de calidad ISO 9000:2000 para el diseño, producción, almacenaje, venta y servicio al cliente de lubricantes, grasas y especialidades automotivas.

Esta certificación internacional para los procesos de producción de los Lubricantes ANCAP, junto con el cumplimiento de los más altos estándares de calidad de los productos, hacen de Lubricantes ANCAP una marca líder en ventas y tecnología.

LUBRICANTES ANCAP

presencia de azufre en el producto nafta, ya que las demás corrientes que componen la mezcla no contienen azufre.

En las instalaciones actuales de la refinería ya existen procesos de desulfurización de combustibles que extraen el azufre en forma de gas sulfhídrico y se aplican esencialmente al keroseno, aguarrás y al jet fuel. En actualidad el gas sulfhídrico generado como resultado del proceso se quema en la antorcha de la refinería.

La tercera unidad a construir es una planta de recuperación de azufre, cuya función es tomar el gas sulfhídrico generado en las nuevas plantas y en las actuales y a través de un proceso Claus combinado con un proceso de tratamiento de gas de salida, extraer azufre líquido y reducir así la cantidad de SO_2 que se emite a la atmósfera como resultado del quemado del sulfhídrico. Esta planta tendrá una capacidad de recuperación de azufre de hasta un 99,5 %.

Se estima que tendrá una producción de hasta 35 toneladas de azufre por día.

Los beneficios de este proyecto se pueden resumir en algunos puntos:

- Permite obtener combustibles con un grado de azufre similar a los que se tienen en Europa, EEUU y Canadá (a partir del año 2005) permitiendo el potencial acceso a exportaciones a mercados donde por los contenidos actuales de azufre no se puede acceder o se accede a precios menos ventajosos
- Las especificaciones de los países de la región van a estar orientadas a combustibles de bajo azufre, previéndose que Uruguay va a ir en el mismo sentido, como acontece en general con la normativa que regula el mercado de los combustibles.
- De acuerdo al consumo actual de combustibles livianos, se quema una importante cantidad de azufre por día. Con este proyecto, se pasará a quemar solamente una cantidad del orden de 300 Kg. por día, con la consiguiente mejora de los efluentes atmosféricos.
- El país importa (para fertilizantes y producción de ácido sulfúrico) unas 60 tons. diarias de azufre y este valor puede llegar a incrementarse en un 50 % cuando comiencen a funcionar las plantas de pasta de celulosa. Este proyecto permite reducir la importación de azufre en el entorno de 35 ton por día, con el consiguiente ahorro para el país.

El proyecto se divide en diferentes fases:

1. Estudio de factibilidad
2. Selección de la tecnología
3. Realización de la ingeniería básica
4. Realización de la ingeniería de detalle
5. Construcción y suministro de equipos
6. Puesta en marcha

La fase 1 fue realizada en conjunto por ANCAP y la consultora francesa BEICIP FRANLAB y ahí se determinaron las características del proyecto mediante un estudio del mercado mundial y regional respecto a los combustibles de bajo azufre y su proyección futura.

Completada esta primer fase, se encararon las fases 2 y 3 en forma conjunta.

Para esto se llamó a licitación pública internacional, presentándose varias firmas de prestigio mundial.

Actualmente esta licitación se encuentra en proceso de adjudicación estimándose que la ingeniería básica esté terminada para principios del año 2007.

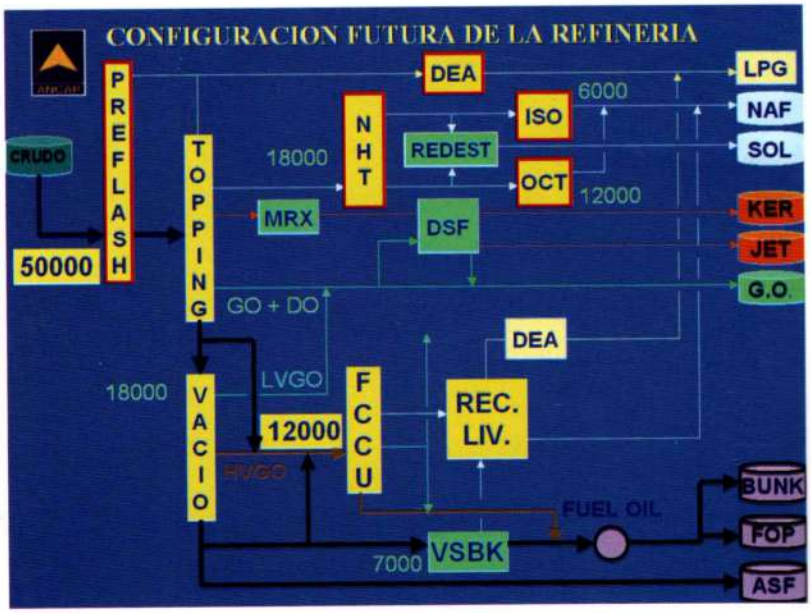
Para las fases 4 y 5 se llamó a una licitación pública internacional para selección de una empresa o un consorcio que realice la ingeniería de detalle, el suministro de equipos y la construcción, lo que se conoce como EPC (Engineering, Procurement and Construction). Se optó por esta modalidad, por ser la que brindó mejores resultados en los anteriores proyectos de la empresa.

A su vez la licitación tiene 2 etapas: una primera de precalificación de oferentes y otra de cotización económica, pero restringida a las empresas calificadas en la primer etapa.

Esta licitación tiene fecha de apertura para su primera etapa en julio 2006 y se estima que la segunda etapa tendrá fecha de apertura para el segundo trimestre del año 2007.

Con este cronograma se espera que la construcción efectiva de las plantas comience en el segundo trimestre del año 2008.

La fase de puesta en marcha de las plantas se realizará en conjunto por personal de ANCAP y de la empresa contratada para el EPC, lo cual se estima que se realizará a fines del primer trimestre 2010. ◇



Ing. Agrónomo Alvérico Banquerque – Ing. Químico Nikolai Guchin
Integrantes de la Comisión de Biocombustibles de ANCAP- Uruguay

Proyecto Sucro-Alcoholero:
el etanol como aditivo en gasolinas

- Introducción
- Proceso productivo del alcohol
- Aspectos ambientales
- Ventajas del uso del alcohol como combustible en Uruguay

introducción

Es por todos sabido que Uruguay no posee hasta ahora reservas de petróleo, ni de gas, ni de carbón, ni de ningún otro combustible fósil que nos ayude a paliar la dependencia energética que poseemos.

También es sabido que el éxodo rural, existente desde hace ya varias décadas, genera una gran problemática socio-económica, pérdida de mano de obra y pérdida de conocimientos y metodologías de trabajo agrícolas e industriales en general.

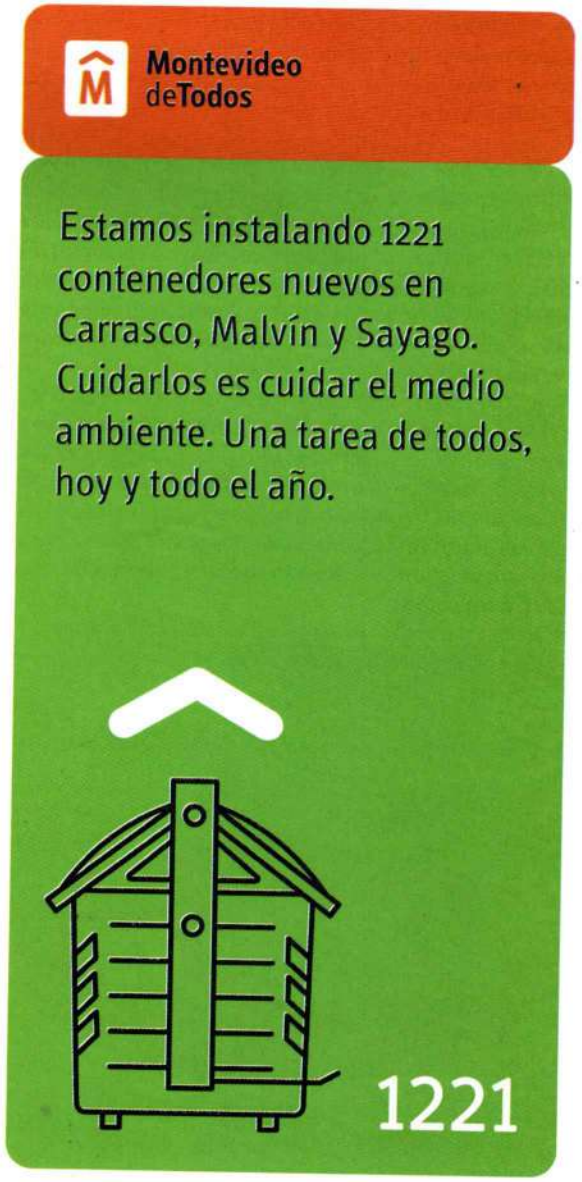
Sobre estas bases, en el marco de una política de desarrollo productivo nacional, con el objetivo de recuperar un cultivo tradicional y la mano de obra en una región que ha sufrido problemáticas casi extremas, es que ANCAP se hace cargo a través de una de sus empresas asociadas (ALUR S.A., Alcoholes del Uruguay S.A.), de las instalaciones existentes de un ingenio azucarero (Ex-Calnu) en el paraje España próximo a la ciudad de Bella Unión (Departamento de Artigas), realizando una serie de modificaciones que permitirán rentabilizar el proceso de fabricación de azúcar ampliando las instalaciones para elaborar alcohol carburante (Proyecto Sucro-alcoholero).

Estas modificaciones, incluyen la remodelación, puesta a punto y optimización del extremadamente descuidado ingenio azucarero existente, anexando equipamiento para fermentación de jugos y una destilería para producir 120 m3/día de alcohol hidratado.

proceso productivo del alcohol

El proceso productivo se inicia luego de la preparación de los terrenos con la siembra de caña de azúcar en otoño y primavera. El desarrollo en masa del cultivo requiere debido a nuestras condiciones climáticas, riego artificial, aplicación de abonos y control de malezas.

Una vez que tiene lugar la maduración de la caña y se han alcanzado concentraciones de azúcar en caña adecuadas se procede a su cosecha, generalmente a partir


Montevideo
deTodos
Estamos instalando 1221 contenedores nuevos en Carrasco, Malvín y Sayago. Cuidarlos es cuidar el medio ambiente. Una tarea de todos, hoy y todo el año.
1221
www.montevideo.gub.uy

de mayo del año posterior a la siembra. La cosecha en nuestro país es manual, previamente se procede al quemado que permite eliminar follaje y mejorar las condiciones de seguridad laborales.

La caña es transportada rápidamente al ingenio, donde se procede al pesado, muestreo y lavado.

En las instalaciones del ingenio, la caña entrará en la sección de molienda donde se separará el bagazo el cual será empleado en las calderas para generar el vapor utilizado en el proceso y en la generación eléctrica para autoabastecer la planta.

El proceso de producción de alcohol se puede dividir en cinco etapas

1. Molienda
2. Clarificación y preparación del jugo
3. Fermentación y desorción de CO_2
4. Destilación y deshidratación de alcohol
5. Tratamiento de efluentes

sección de molienda

La caña es preparada por las "picadoras" que rompen las células para facilitar la extracción del jugo (desfibrador), pasa al trapiche (conjunto de molinos) que extrae el jugo azucarado separándolo del bagazo que será utilizado en la caldera.

sección de clarificación y preparación del jugo

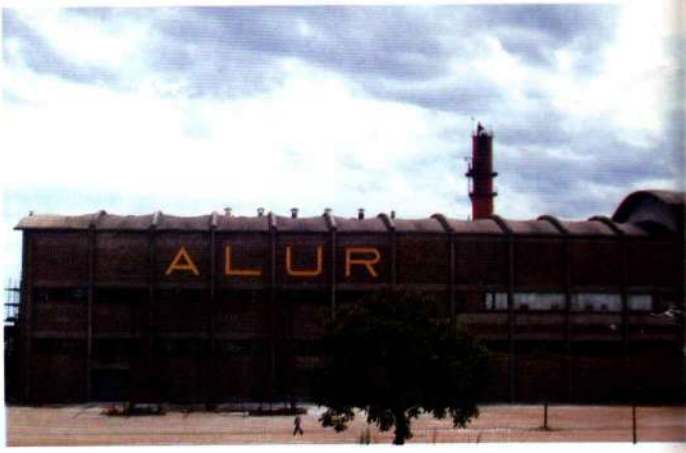
Este jugo se precalienta para evitar la formación de microorganismos, se añaden floculantes para eliminar sólidos suspendidos y algunas sustancias que podrían interferir en el proceso de fermentación, producir incrustaciones en la destilación o aparecer como impurezas en el azúcar.

Una parte del jugo clarificado es destinado a la producción de azúcar (aprox. 75% del mismo) para lo cual será concentrado (evaporación), inoculado con cristales para promover la cristalización, centrifugado, secado y envasado. En este proceso, se obtiene luego de la centrifugación un líquido con alto contenido de azúcares no cristalizables llamado melaza, que es destinado a la fermentación.

La otra parte del jugo clarificado (25 % aprox.) pasará al proceso de fermentación.

sección de fermentación

En esta etapa, mediante la acción de una levadura,



se producirá la fermentación de los azúcares fermentables contenidos en el jugo y las melazas provenientes del proceso de fabricación de azúcar. Esto ocurre en un conjunto de fermentadores que funcionan en cascada para evitar la inhibición de las levaduras por alcohol. Se obtiene un vino de unos 7 u 8° GL con generación de calor y CO_2 que se ventea a la atmósfera. Este proceso puede ser continuo o en Batch. Las levaduras son separadas por centrifugación y recirculadas.

sección de destilación y deshidratación de alcohol

El vino obtenido es bombeado hacia las destiladoras pasando por intercambiadores de calor que elevan su temperatura a más de 82 °C. En la sección de despojamiento, el etanol es separado de las sustancias que no fermentaron y de parte del agua, obteniéndose en la parte superior un vino con unos 45° GL, que es enviado a la columna destiladora o rectificadora, y por el fondo de la torre se obtiene el líquido residual llamado vinaza que deberá ser enviado a tratamiento.

En la columna de rectificación el alcohol es llevado a su punto azeotrópico (96° GL) y abandona la torre por la parte superior o cabeza.

La deshidratación se puede realizar mediante diferentes métodos que conducen a un producto con una graduación alcohólica de 99.6°GL para ser mezclado con las gasolinas. Algunas de las opciones serían la adsorción en tamices moleculares, la pervaporación, la destilación a bajas presiones, la destilación azeótropica (ben-

PilotesVictor
Desde 1950
Perforados
Hinca de tubo
Perforados encamisados
Anclajes
pvictor@adinet.com.uy 409 3905

ceno, tolueno, n-pentano) o la destilación extractiva (sin formar azeótropos).

sección de tratamiento de vinazas

Uno de los tratamientos más utilizados en las plantas de alcohol a partir de jugo de caña consiste en el procesamiento en un bio-reactor anaerobio (donde se produce una digestión anaeróbica por microorganismos) con producción de biogás que puede ser utilizado con fines energéticos y lodos que deberán ser acondicionados para su deposición. El subproducto obtenido en el proceso anaeróbico se une con los otros efluentes de proceso y es tratado en un reactor aeróbico.

aspectos ambientales

Los combustibles líquidos empleados en el transporte provienen de fuentes fósiles, a diferencia del etanol producido a partir de materias primas renovables como la biomasa de cultivos agrícolas y subproductos forestales.

El dióxido de carbono (CO_2) es liberado a la atmósfera cuando se quema el combustible en el motor del automóvil y también en la producción de etanol, pero es absorbido desde la atmósfera por las plantaciones para pasar a formar parte de la biomasa mediante la fotosíntesis.

Algunos estudios efectuados respecto de las mezclas de etanol-gasolina han revelado que el uso de mezclas del 10 % en volumen en etanol dan como resultados la reducción neta de las emisiones de CO_2 de hasta un 15%. Lo anterior se basa en que el dióxido de carbono (CO_2) liberado en la producción de etanol es menor que el absorbido por las plantas de caña.

Sin embargo estas cuantificaciones son discutidas, debido a la gran cantidad y diversidad de enfoques metodológicos que dificultan el uso y valoración de indicadores ambientales, especialmente cuando se persigue la optimización de una función multi-objetivo que considere además de los indicadores técnicos y económicos, los de desempeño ambiental.

Ventajas del uso del alcohol como combustible en Uruguay.

- Se ha demostrado que la adición de un 10% de alcohol en las gasolinas mejora la combustión, reduciendo las emisiones gaseosas de monóxido de carbono y de hidrocarburos volátiles. El etanol representa una importante alternativa como combustible automotor; reporta un índice de octano superior al de la gasolina y tiene una presión de vapor inferior, resultando en menores emisiones evaporativas.
- El proyecto propone el agregado de entre 2 y 4% de alcohol carburante anhidro en las gasolinas para uso automotor, con un máximo de 10% valor hasta el cual no es necesario realizar modificaciones en los automotores. La implementación del proyecto permitiría la reducción neta en la emisión de CO_2 atmosférico, lo que tendría una incidencia positiva en la problemática del cambio climático causado por los gases de efecto invernadero.
- Generación de empleo rural digno y estable, empleos temporales durante la construcción y montaje de la destilería, contrarrestando la migración hacia centros de población urbana.
- Aparición de nuevos productores, particularmente pequeños, que se inserten en la actividad azucarera.
- Ampliación del área cultivada. Se prevé ampliar el área cultivada de caña, llevándola desde los 3300 há. existentes a principios de año hasta 10000 en el año 2010.
- Sustitución de importaciones por aumento de la producción de azúcar nacional, co-producto en la obtención de bioetanol.
- El proyecto podría estimular otros emprendimientos agro-industriales en otras zonas del país (obtención de alcohol a base de remolacha alcoholígena o sorgo dulce en zonas no aptas para caña, por ejemplo en Soriano, Río Negro, Colonia, Canelones, Maldonado y Treinta y Tres).
- Fortalece y fomenta el desarrollo científico y tecnológico nacional.
- Puede ser utilizado como sustituto del MTBE, producto que ha sido cuestionado por su impacto ecológico de sus residuos en agua.

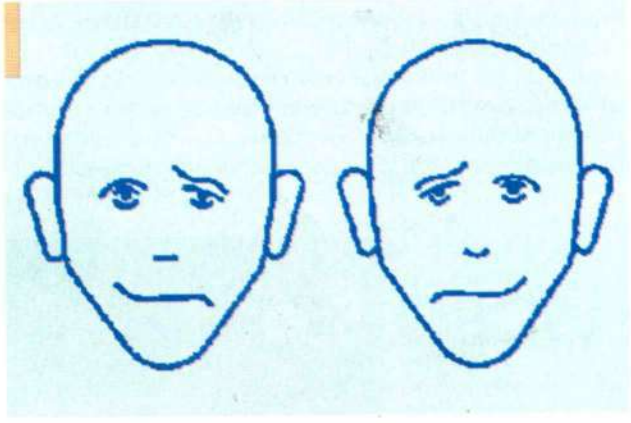
CANTERAS MONTEVIDEO S.A.
CALIDAD, EXCELENCIA Y CONFIABILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.
Camino Pavia 3112
Tels.: (598-2) 522 0261
(598-2) 522 0228
Fax: (598-2) 522 0354
E-mail: canteras@canterasmontevideo.com.uy

¿ingeniero izquierdo o derecho?

LO EXPRESADO AQUÍ ES INDEPENDIENTE DE TODA IDEOLOGÍA, CONCEPCIÓN POLÍTICA, Y DE LOS SIGNIFICADOS Y CONNOTACIONES DE LAS PALABRAS DIESTRO O SINIESTRO; SE REFIERE A UN MECANISMO DE FUNCIONAMIENTO CEREBRAL EN EL CUAL UNO DE SUS HEMISFERIOS SE MANIFIESTA COMO DOMINANTE. EN UNAS PERSONAS ESTE ROL CORRESPONDE AL HEMISFERIO IZQUIERDO Y EN OTRAS AL DERECHO (LOS HEMISFERIOS ESTÁN CRUZADOS CON LA PARTE DEL CUERPO QUE COMANDAN, LA MANO DIESTRA ES MANEJADA POR EL HEMISFERIO IZQUIERDO).

Como sucede con todos los tópicos, existen sesudas (¡apropiado adjetivo!) teorías al respecto, hay descritas precisas experiencias científicas (Prof. T. Tsunoda de la Universidad Médica de Tokio, lateralización de funciones en el cerebro), y no falta el pronunciamiento del folclore popular. Dice este último que al cruzar las manos entrelazando los dedos, si queda arriba el pulgar izquierdo entonces el hemisferio dominante es el derecho, y viceversa (el lado izquierdo lo comanda el hemisferio derecho). Por lo menos es cierto que cada uno cruza siempre las manos del mismo modo, y si se intenta la otra posibilidad, ésta resulta terriblemente incómoda, parece que no calzaran y sobraran dedos. (En realidad lo que dice el folclore es que si queda el pulgar izquierdo arriba prima en nosotros el sentimiento sobre la razón y viceversa.)

Un test que sí pretende determinar cual es el hemisferio dominante es el propuesto en 1976 por J. Jaynes, preguntando cual de estos dos rostros es más feliz:



Ambas caras son absolutamente simétricas, de modo que cualquier diferencia proviene de nuestra percepción. Procesamos la parte derecha de un dibujo en el hemisferio izquierdo y veríamos más feliz el rostro de la izquierda si predomina nuestro hemisferio derecho y viceversa.

Porqué nos interesa aquí cual es hemisferio dominante? Sabemos que existe toda clase de Ingenieros, pero hay un tipo frecuente que, luego de cuadricular la realidad para su análisis (muy útil como procedimiento) se distrae (se olvida que la cuadrícula es suya) y cree que la realidad es efectivamente cuadriculada. (Una de las situaciones graves comprendidas en esta breve metáfora es la convicción de que no puede existir algo no incluido o descrito en la cuadrícula utilizada). Creo que este tipo de enfoque es mas probable en cerebros con hemisferio izquierdo dominante, mas proclive a análisis seriados que a visiones globales, propias del hemisferio derecho.

Nuestros hemisferios tienen cada uno su lenguaje propio y específico, por ejemplo el derecho puede manejar representaciones globales como "plantar un árbol", pero no puede existir en él "no plantar un árbol", dado que no contiene el operador lógico "no", privativo del hemisferio izquierdo. Descripciones y análisis de los lenguajes de cada hemisferio se pueden encontrar, entre otros, en los excelentes textos escritos por Paul Watzlawick ("Cambio", "El lenguaje del cambio", "Es real la realidad?", etc.). Su lectura, recomendada, nos ilumina y nos deja un poco mas parecidos a Clark Kent, con una aumentada capacidad de ver a través de las cosas que antes nos resultaban opacas.

Todo lenguaje implica una pragmática (con un significado particular dado por el contexto) y por lo tanto no basta un diccionario para captar un mensaje. Los marcianos deberán tomar un breve curso de semiótica antes de entrar a un cine terrestre para no perder conexiones de sentido que les pueden faltar en imágenes de copas que se quiebran (sobrevino la muerte) o de olas que rompen (posesión consumada, en la época en que el sexo no aparecía en la pantalla). Ignorando las diferencias entre los lenguajes de nuestros hemisferios, somos legión los marcianos que en la vida no entendemos la película, faltos del real significado de los signos percibidos.

Tal vez estemos en condiciones de ensayar otros tests alternativos, por ejemplo frente a la película "El baile", de Etore Scola, compuesta de imágenes carentes totalmente de diálogo, es probable que alguien de hemisferio izquierdo (verbal) dominante sienta ajenidad o rechazo, mientras que un espectador de hemisferio derecho dominante perciba adecuadamente el mensaje expresado en su propio lenguaje (global); y ante películas de estilo discursivo ocurra lo contrario y resulten mas gratas al de hemisferio izquierdo dominante.

Esto no pretende ser una exposición rigurosa ni exhaustiva, ni exhibir el resultado de posibles experiencias (que pueden llegar a ser divertidas), es sólo un llamado de atención sobre cual es nuestro hemisferio dominante.

Siempre es importante realizar enfoques globales sobre todos los temas (ver "Visiones globales vs. Calculadas", Rev. Ingeniería N° 52), cualquiera sea nuestro hemisferio dominante, pero especialmente si es el izquierdo, conviene cerciorarse que ejercitamos lo suficiente (capacidad sobra) esta forma, a veces única, a veces alternativa, de encarar los procesos de análisis.

Además, y especialmente si nuestro hemisferio dominante es el derecho, es conducente ejercitar la adecuada expresión verbal de nuestras ideas, lo que será el primer paso necesario para transmitir, convencer y finalmente plasmar en proyecto ejecutivo la concepción abstracta original.

Ing. Ind. Carlos Martony

uso directo de la energía solar

para calentamiento de agua en viviendas

I PARTE

En un futuro no muy lejano,
ningún ahorro de energía podrá desecharse,
por pequeño que parezca.

1. Introducción
2. Disponibilidad de energía solar
3. Tipos de sistemas de calefactores solares de agua
4. Tipos de colectores solares
5. Similitud de un colector solar con un invernadero
6. Invernaderos
7. El efecto invernadero
8. Descripción de algunos sistemas calefactores de agua por radiación solar directa
9. Componentes de un sistema calefactor activo, directo, de placa plana
10. Componentes de un sistema pasivo, con un colector solar tipo panera
11. Dimensionado de un sistema
12. Comentarios sobre los resultados anteriores
13. La teoría de Hubbert
14. ¿Qué podemos hacer hoy?
15 Conclusiones

1. introducción

Entre los distintos usos de la energía eléctrica para uso doméstico, ocupa un lugar destacado el consumo dedicado al calentamiento de agua que, en muchos casos, puede representar entre un 15 y un 25 % del total de la factura mensual de una vivienda.

Por ello resulta atractiva la idea de intentar aprovechar directamente la energía solar para calentar el agua para uso doméstico.

En nuestro país, la sustitución de la energía eléctrica o la energía térmica derivada de combustibles fósiles, por una energía renovable y gratis como lo es la solar, puede generar economías y además, beneficios al ambiente.

Surge entonces la siguiente pregunta que intentaremos responder:

¿hasta que punto es económicamente ventajoso para un ciudadano común de nuestro país, realizar la inversión requerida para instalar un sistema de calentamiento de agua para uso doméstico, que sea práctico, seguro y eficiente, empleando en forma directa la energía solar?

Frecuentemente en las publicaciones que tratan de mostrar la facilidad con que se puede aprovechar la energía solar para calentar agua, mencionan ejemplos de sistemas rudimentarios, como el de una manguera de riego de jardín expuesta a los rayos solares o unas botellas de plástico pintadas de negro y colocadas dentro de una caja con una cubierta de vidrio. Estos ejemplos demuestran que es muy fácil calentar unos litros de agua pero, un sistema que sea práctico, eficiente y seguro, requiere mucho más que eso.

2. disponibilidad de energía solar

La primer interrogante a responder es si la intensidad de la energía que nos envía el sol es suficiente para el calentamiento de agua utilizada en una vivienda, sin que se requieran áreas colectoras de dimensiones exageradas.

En zonas céntricas de la ciudad, con una gran densidad de población, el área receptora de energía solar disponible por habitante puede ser insuficiente además de los problemas derivados de las sombras proyectadas por edificios cercanos. Pero, en zonas suburbanas, la disponibilidad de área colectora por habitante, en general, son suficientes.

2.1. constante solar

Antes a 1979, no se tenían datos exactos del total de la energía solar que desde el exterior de la atmósfera recibía la tierra. La situación cambió con el lanzamiento en 1978 del satélite Nimbus-7 que permitió medir la

radiación solar sin la interferencia de la atmósfera (Ref.1).

Actualmente los científicos conocen que desde el exterior de la atmósfera, la tierra recibe promedialmente una intensidad de radiación solar de 1.368 W/m^2. Dicho valor se denomina Constante Solar o también Irradiación Solar Total (en inglés TSI, abreviatura de Total Solar Irradiance).

Si queremos calcular el total de energía recibida por la tierra, tenemos que multiplicar dicho valor por el área de un círculo con un diámetro igual al terrestre.

La Constante Solar tiene pequeñas variaciones cuyo período, de 11 años, coincide con el de las manchas solares. Con respecto al valor medio de 1.368 W/m^2, la variación es de ± 1,4 W/m^2 (± 0,1 % de la constante solar).

También suele expresarse la Constante Solar, como el valor medio de la intensidad de flujo de radiación que incide en *toda* la superficie terrestre.

Como la superficie de la esfera terrestre (4 ð r^2) es 4 veces mayor que la superficie de un círculo de igual diámetro que la tierra (ð r^2), el valor medio del flujo es igual a la cuarta parte de 1.368 , o sea 1.368/4 = 342 W/m^2.

En la superficie de la tierra, en latitudes no muy elevadas, en verano, al mediodía en un día claro sin nubes con el sol en el cenit, de los 1.380 W/m^2, en un plano perpendicular a los rayos solares, debido a pérdidas en la atmósfera, se reciben aproximadamente 1.000 W/m^2. Obviamente, en una superficie colectora fija, antes y después del mediodía, la radiación recibida es inferior a dicho valor, pero de todas maneras durante algunas horas antes y algunas horas después del mediodía, la acumulación de energía radiante recibida es bastante importante. Ello hace factible el diseño de sistemas colectores en los cuales la superficie colectora no es desmesuradamente grande.

2.2. Factores que influyen en la radiación solar recibida en un punto de la tierra

Si bien conocemos aproximadamente cual es la intensidad máxima de energía solar que se puede llegar a recibir en la tierra, (1.000 W/ m^2), no debe perderse de vista su gran variabilidad.

La radiación solar recibida en un plano colector situado en un determinado punto de la superficie terrestre depende de muchas variables. Las principales son las siguientes:

- latitud
- día del año
- hora del día
- nubosidad, niebla, lluvia, nieve, polvo, humo, etc
- orientación y movimiento del plano colector

Las localidades más cercanas al ecuador reciben mayor energía solar que las ubicadas a latitudes mayores. En los meses de verano, el sol alcanza mayor elevación sobre el horizonte y los días son más largos luego es mayor la energía recibida.

En horas del mediodía la radiación solar recibida es mayor. En horas cercanas al amanecer y anochecer los rayos solares inciden en forma más oblícua por lo que viajan mayores espacios a través de la atmósfera y se vuelven más difusos aportando menos energía. La Ley de Bourguer y la Ley del Coseno de la Oblicuidad permiten cuantificar la merma de energía. Según la Ley de Bourguer la intensidad de una radiación que atraviesa un medio transparente, disminuye en progresión geométrica cuando la masa atravesada aumenta en progresión aritmética. Según la Ley del Coseno de la Oblicuidad, la intensidad de la radiación varía proporcionalmente al coseno del ángulo que forman los rayos con la normal al plano de incidencia.

El estado de la atmósfera también tiene una gran influencia en la energía solar recibida, especialmente cuando hay presencia de nubes que ocultan el sol. De ahí la importancia del Indice de Insolación que es el cociente entre el número efectivo de las horas de sol dividido por las horas de duración astronómica del día. La polución atmosférica en grandes ciudades también reduce la energía solar que se recibe directamente en un plano colector.

Con respecto a la orientación del plano colector vemos a continuación cual es su influencia.

2.3. Orientación del plano colector de energía solar

Existen varias opciones para la orientación de un plano colector de la energía solar. La orientación óptima es aquella en que el plano se mueve permanentemente de tal manera que en todo momento se ubica en forma perpendicular a los rayos del sol.

Sin embargo, casi todos los sistemas para captar energía solar para el calentamiento de agua, utilizan superficies colectoras fijas, vale decir que no cambian de orientación para seguir la trayectoria del sol. La razón es muy sencilla: sería sumamente costoso realizar sistemas móviles en que la superficie colectora siguiera la trayectoria del sol.

Por lo tanto es necesario que el plano colector fijo tenga la mejor orientación para captar el máximo posible de la energía solar. En el hemisferio sur dicha orientación se obtiene orientando el plano colector de tal manera que la proyección horizontal de la perpendicular al plano, esté orientado hacia el norte geográfico.

Una vez orientado el plano colector hacia el norte geográfico, es necesario determinar el ángulo que debe formar con el plano horizontal del lugar. Si el eje de rotación de la tierra fuera perpendicular al plano de su órbita alrededor del sol, el ángulo ideal del plano colector respecto al plano horizontal, sería igual a la latitud del punto geográfico donde está instalado el sistema. Pero el eje de la tierra tiene una inclinación de 23,5° respecto al plano de su órbita, por lo cual, en el verano, el ángulo ideal del plano colector es menor a la latitud, y en invierno es mayor. Pero en definitiva el ángulo óptimo del plano colector para la máxima captación acumulada a lo largo de un año, es igual a la latitud.

Sin embargo, se prefiere sacrificar un poco la captación de energía durante el verano para incrementar la captación durante el invierno en que el sol se eleva menos sobre el horizonte, y de esa manera atenuar las diferencias entre estaciones. Por ello se adopta para el ángulo del plano colector respecto al plano horizontal un valor igual a la latitud incrementada en un ángulo comprendido entre 10 y 15 grados.

En definitiva, para nuestro país cuya extensión geográfica está comprendida aproximadamente entre los 30 y 35 grados de latitud, el ángulo ideal aproximado para ubicar el plano colector es de 45 grados con respecto al plano horizontal.

Otra posibilidad para la orientación del plano colector es ubicarlo en forma horizontal. Esta es la menos eficiente de las opciones.

2.4. mapas de Radiación Solar

Los Mapas de Radiación Solar son mapas geográficos en los cuales se indican zonas de igual valor de energía solar acumulada en un día expresada en kWh/m²/día.

En la Referencia 2 se puede acceder, a través de Internet, a un conjunto de mapas que muestran los valores de radiación solar recibidos en el territorio de los Estados Unidos, basados en registros realizados durante 30 años (de 1961 a 1990).

La información es muy completa y permite seleccionar distintos tipos de datos. Las opciones son:

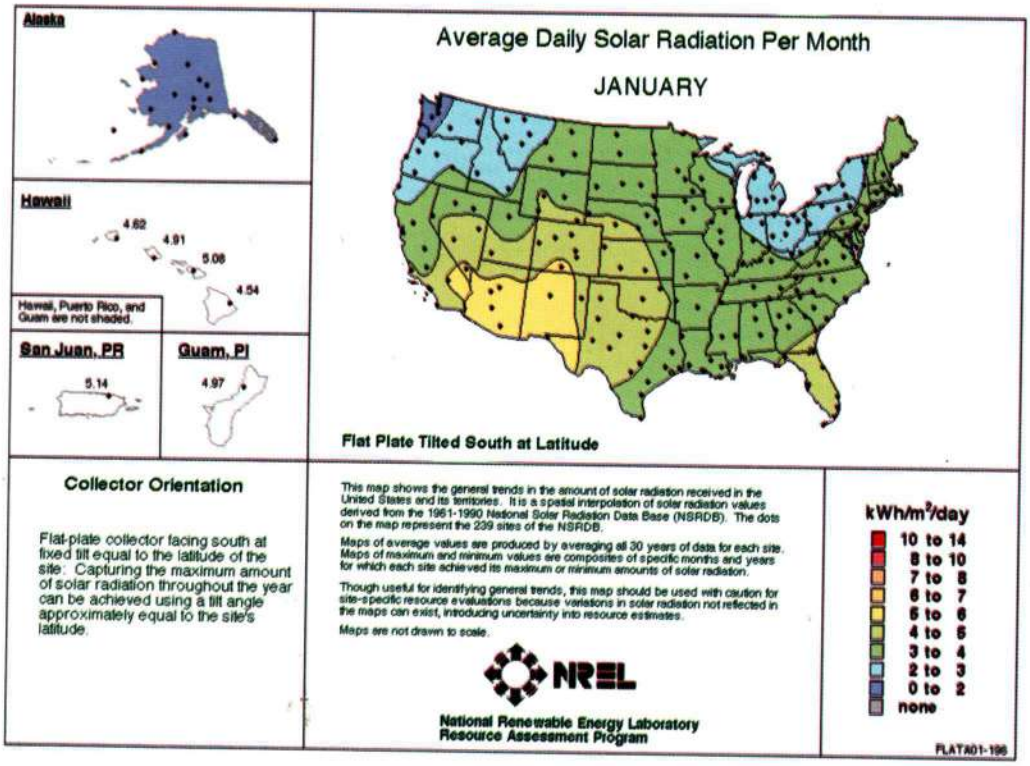
- valores medios, mínimos o máximos
- valores mensuales o anuales
- diferentes orientaciones del plano colector

En la página siguiente se muestra un Mapa de Radiación Solar.

El ejemplo elegido es un caso particular correspondiente al mes de enero (invierno en el hemisferio norte), con los rayos incidiendo en un plano orientado hacia el sur y formando con el plano horizontal un ángulo igual a la latitud del lugar.

Como puede observarse, según la región, el promedio de la radiación solar en el mes de enero estuvo comprendida entre 0-2 kWh/m²/día en el extremo noroeste (zona en color azul), y entre 5-6 kWh/m²/día en el suroeste (zona en color amarillo).

Los puntos negros indican la ubicación de las estaciones de registro.


Alaska
Hawaii
4.82
4.91
5.08
4.54
Hawaii, Puerto Rico, and Guam are not shaded.
San Juan, PR
5.14
Guam, PI
4.97
Average Daily Solar Radiation Per Month
JANUARY
Flat Plate Tilted South at Latitude
Collector Orientation
Flat-plate collector facing south at fixed tilt equal to the latitude of the site. Capturing the maximum amount of solar radiation throughout the year can be achieved using a tilt angle approximately equal to the site's latitude.
This map shows the general trends in the amount of solar radiation received in the United States and its territories. It is a spatial interpolation of solar radiation values derived from the 1961-1990 National Solar Radiation Data Base (NSRDB). The dots on the map represent the 239 sites of the NSRDB.
Maps of average values are produced by averaging all 30 years of data for each site. Maps of maximum and minimum values are composites of specific months and years for which each site achieved its maximum or minimum amounts of solar radiation.
Though useful for identifying general trends, this map should be used with caution for site-specific resource evaluations because variations in solar radiation not reflected in the maps can exist, introducing uncertainty into resource estimates.
Maps are not drawn to scale.
NREL
National Renewable Energy Laboratory
Resource Assessment Program
kWh/m²/day
10 to 14
8 to 10
7 to 8
6 to 7
5 to 6
4 to 5
3 to 4
2 to 3
0 to 2
none
FLATA01-196

2.5. La radiación solar en nuestro país

En la página web de la Dirección General de Meteorología no figuran datos relacionados con la radiación solar en nuestro país. Sin embargo consultando archivos hemos podido encontrar la Referencia 3, en la cual el autor suministra datos concretos sobre el tema.

Según mediciones realizadas en el período 1953-1960, se determinaron los siguientes valores de radiación solar sobre una *superficie horizontal, en días despejados*.

cuadro 1

mes	promedio en el mes de los valores máximos diarios de potencia por unidad de superficie kW/m²	promedio en el mes de la energía total diaria por unidad de superficie en días despejados kWh/m²/día
Enero	1,03	9,77
Febrero	0,98	8,52
Marzo	0,83	7,16
Abril	0,79	6,06
Mayo	0,71	4,67
Junio	0,64	3,88
Julio	0,66	4,30
Agosto	0,75	5,57
Setiembre	0,86	7,15
Octubre	0,96	8,56
Noviembre	1,01	9,15
Diciembre	1,04	10,13

A los efectos de calentamiento de agua es de especial interés la última columna del cuadro anterior que nos da la energía recibida por metro cuadrado. Pero como esos datos son válidos para días despejados, debemos tener en cuenta la *insolación,* vale decir la cantidad de horas efectivas de sol. En nuestro pais la insolación acumulada media anual para todo el territorio nacional es de 2.500 horas con un máximo de 2.600 horas en Salto y un mínimo de 2.300 horas en la costa oceánica. Más útil aún que dichos datos, es el Indice de Insolación que se define como el cociente entre el número efectivo de horas de sol diarias dividido por la duración astronómica del día.

En el Cuadro 2 se muestra el Indice de Insolación en Montevideo para los distintos meses del año, y el producto de dicho índice por la energía total diaria por unidad de superficie en días soleados tomada del Cuadro 1. Los valores obtenidos dan una medida de la energía media disponible por dia, teniendo en cuenta tanto días soleados como nublados. También debe tenerse en cuenta que, si la superficie colectora en lugar de horizontal se orienta en un ángulo más adecuado de acuerdo a la latitud del lugar, la energía recibida será mayor.

cuadro 2

mes	índice de insolación %	promedio en el mes de la energía total diaria por unidad de superficie kWh/m²/día
Enero	74	7,23
Febrero	73	6,22
Marzo	68	4,87
Abril	65	3,94
Mayo	57	2,66
Junio	50	1,94
Julio	51	2,19
Agosto	56	3,12
Setiembre	59	4,22
Octubre	62	5,31
Noviembre	70	6,40
Diciembre	71	7,19

Los datos del cuadro precedente cuantifican la energía solar media recibida por día y por unidad de superficie colectora, y permiten dimensionar la superficie de un colector solar, cuyo valor dependerá de las necesidades de agua caliente, de la eficiencia del sistema calefactor y del punto ideal de equilibrio entre inversión y ahorro.

Es evidente que si dimensionamos un sistema, empleando una superficie calefactora suficientemente grande, podríamos satisfacer la totalidad de necesidades de agua caliente de una vivienda, pero el costo de inversión inicial sería tan elevado que no podríamos recuperarlo durante la vida útil del sistema, con los ahorros en la factura de energía eléctrica. Por lo tanto existe un punto ideal en el cual la inversión inicial de instalación de un sistema se recupera en un tiempo razonable, que obviamente debe ser inferior a la vida útil del sistema. En general, como se verá más adelante, con los costos actuales, la solución ideal es un sistema mixto que, cubre parcialmente las necesidades de agua caliente de una vivienda con energía solar, complementándose el resto faltante mediante energía eléctrica o gas.

3. tipos de *sistemas* de calefactores solares de agua

Existen numerosos *sistemas* de calefactores de agua que aprovechan en forma directa las radiaciones solares. Todos ellos necesariamente tienen por lo menos dos componentes: el *colector solar* que recibe directamente los rayos solares y calienta el agua y un *tanque de almacenamiento* en el que se acumula el agua caliente.

En una primera clasificación general hay dos grandes grupos de sistemas: los activos y los pasivos.

a. Los *sistemas activos*, además del colector solar y del tanque de almacenamiento, utilizan bombas de circulación, sensores, controladores, etc. y por lo tanto requieren de una fuente externa de energía, aparte

de la solar. En algunos sistemas más elaborados se emplean células fotoeléctricas para accionar el motor de la bomba de agua.

b. Los *sistemas pasivos*, a diferencia de los activos, no requieren partes móviles para su funcionamiento tales como bombas de circulación y mecanismos de control, y que por lo tanto no necesitan ninguna fuente externa de energía salvo la solar. Son menos eficientes que los activos pero más baratos.

A su vez los sistemas activos se subdividen en sistemas directos e indirectos.

a.1. Los *sistemas activos directos* son aquellos en que la misma agua que se calienta en el colector solar es la que se usa en la vivienda. También se denominan sistemas activos en circuito abierto (active open loop system).

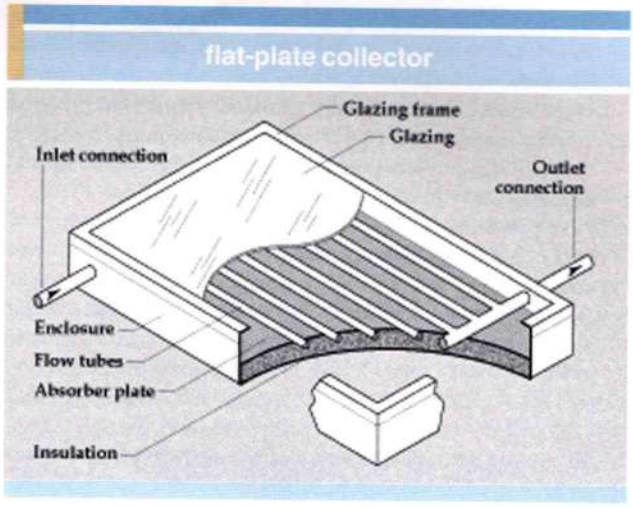
a.2. Los *sistemas activos indirectos* son aquellos en que el agua que se calienta en el colector solar circula en un circuito cerrado. Mediante un intercambiador térmico su calor se transfiere al agua que se utiliza en la vivienda. También se denominan sistemas activos en circuito cerrado (active closed loop system). El líquido que circula en el circuito cerrado no es necesariamente agua. En localidades en que existe el peligro de congelamiento se utiliza propylene glycol. Este sistema es más costoso que el directo pues requiere un intercambiador de calor adicional. Tiene la ventaja de que el colector no tiene peligro de congelamiento y que no se producen las incrustaciones que aparecen en las cañerías del colector solar en los sistemas directos, debido a la renovación constante del agua.

4. tipos de *colectores* solares

El *colector solar* es el componente esencial del sistema calefactor solar que recibe la radiación solar y transfiere el calor al líquido contenido en su interior.

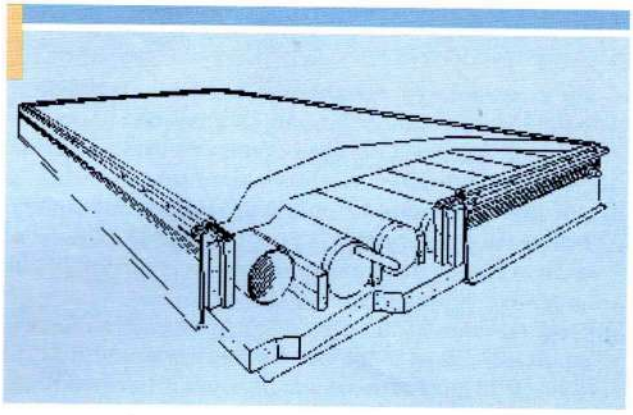
Hay varios tipos de colectores solares, pero los más usados son los siguientes:

a. El *colector solar de placa plana* (flat-plate solar collector) consiste básicamente de un recinto cerrado, chato, plano, rectangular, con una cubierta de vidrio, que contiene en su interior una placa absorbente del calor, caños para el flujo de agua y aislación térmica. Los colectores solares de placa plana generalmente tienen un ancho de 0,60 a 1,20 m (2 a 4 pies), un largo de 1,50 a 3,60 m (5 a 12 pies), y un espesor de 0,10 m. (4 pulgadas).



La cantidad de agua que contiene un colector solar de placa plana es muy pequeña, por lo cual necesariamente requiere por separado un tanque de almacenamiento del agua caliente, y algún dispositivo de circulación entre la placa colectora y el depósito de almacenamiento.

b. El *colector solar con el tanque de almacenamiento incorporado* (integral collector storage o ICS) consiste básicamente en un recinto cerrado, chato, plano, rectangular, con una cubierta de vidrio, que contiene en su interior numerosos tubos de cobre de 4 pulgadas de diámetro pintados de negro, conectados entre sí, y que actúan a la vez como superficie absorbente del calor, y como depósito de agua.



TEYMA

PREMIO NACIONAL DE CALIDAD 2·0·0·0

SISTEMA DE LA CALIDAD CERTIFICADO Nº CS 010 UNIT-ISO 9001 ISO 9001:2000

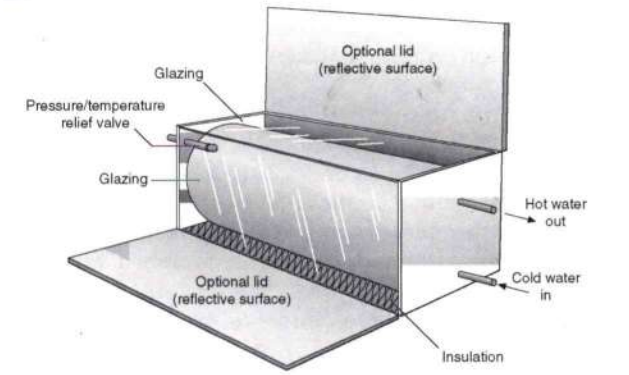
GESTION DE LA SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL CERTIFICADO Nº SYSO 002 UNIT 18001:2001

GESTION AMBIENTAL CERTIFICADA Nº CA 018 UNIT-ISO 14001 ISO 14001

PREMIO NACIONAL DE CALIDAD 2·0·0·3

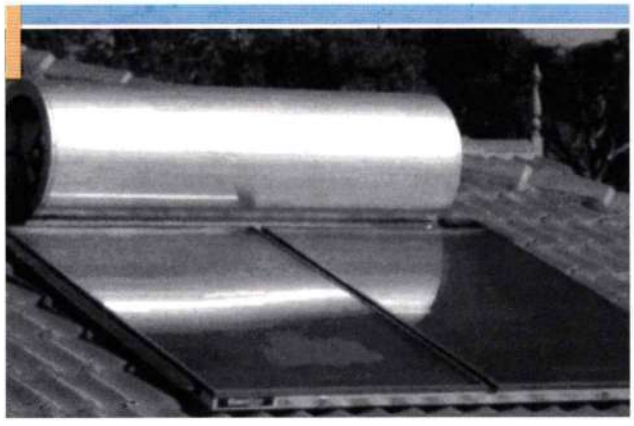
Su capacidad está comprendida entre aproximadamente 110 y 190 litros (30 y 50 galones), un ancho de 1,20m (4 pies), un largo de 2,40m y un espesor de 0,10m (4 pulgadas). Tiene el inconveniente de que su peso es mucho mayor que el del colector de placa plana, y la ventaja de que integra en un sólo componente el colector solar y el tanque de almacenamiento.

c. Una variante de este tipo de colector con almacenamiento incorporado, es el denominado *colector solar tipo panera o colector por tandas* (breadbox or batch collector), en que el colector solar en lugar de varios tubos como el colector b, es un único tanque cilíndrico pintado de negro, de unos 150 litros (40 galones) de capacidad. Está situado en una cajón aislado y con cubiertas de vidrio en dos de sus caras. Este tipo de colector es de bajo costo y generalmente se usa en sistemas pasivos.



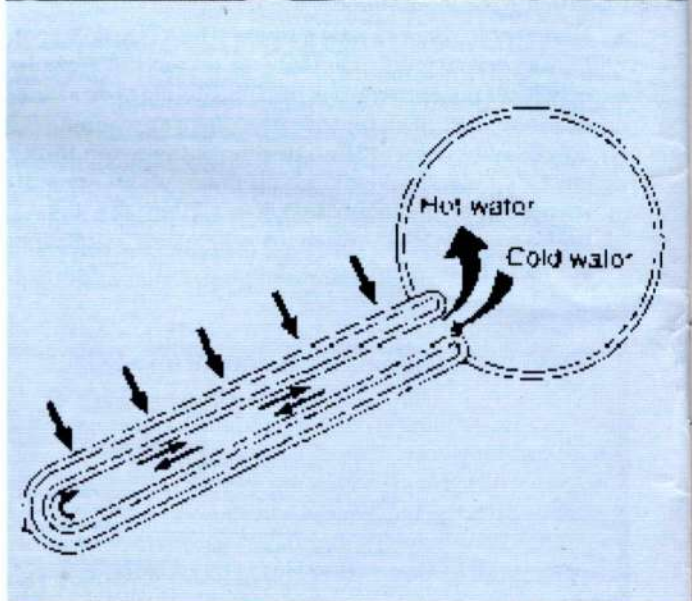
Su eficiencia es menor pues tiene una superficie colectora de calor relativamente pequeña con respecto al volumen de agua contenido en su interior. Se denomina colector tipo panera por su forma, y por tandas, porque la obtención de agua caliente no es inmediata pues hay que esperar que se caliente el gran volumen de agua contenido en el tanque, y por lo tanto trabaja por tandas (batch).

d. Otra variante es el colector que por encima de una placa colectora plana del tipo a) tiene adosado un tanque de almacenamiento de agua. El agua circula del colector plano al tanque por el principio de *termosifón* lo cual le da el nombre a este tipo de sistema (thermosiphon system).

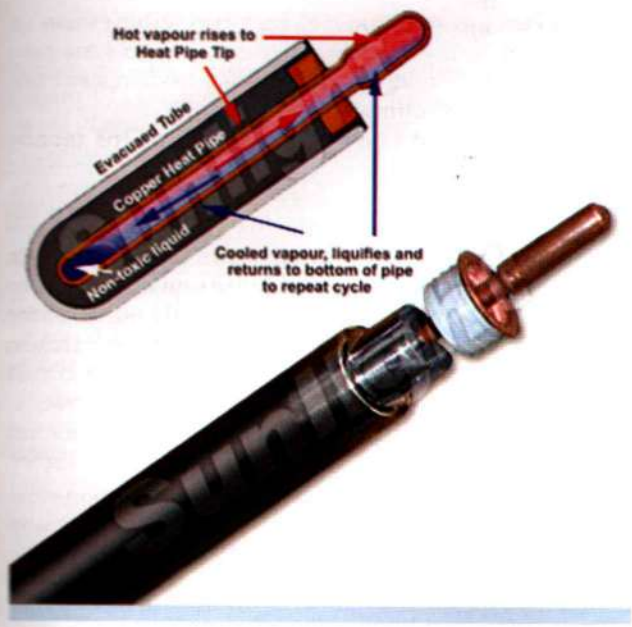


Sus ventajas son que no es imprescindible es uso de una bomba de circulación, y que debido a su gran contenido de agua es difícil que se produzca su congelamiento en climas muy fríos.

e. Como resultado de extensos desarrollos tecnológicos actualmente se producen los llamados *colectores tubulares evacuados* (evacuated tubular collectors). En ellos se emplean tubos de vidrio concéntricos entre los cuales se evacúa el aire. El tubo interior se recubre de un pigmento absorbente de la radiación solar. El vacío entre ambos tubos evita las perdidas por convección hacia el exterior. El agua está en contacto con el tubo interior y circula por el efecto de termosifón. El uso de vidrio limita la presión a la cual pueden usarse estos sistemas. La siguiente figura muestra un sistema con colectores tubulares evacuados, conectados a un tanque horizontal de acumulación.



Un desarrollo más elaborado utiliza un tubo interior de cobre. lo cual permite trabajar con presiones mayores.


Hot vapour rises to Heat Pipe Tip
Evacuated Tube
Copper Heat Pipe
Non-toxic liquid
Cooled vapour, liquifies and returns to bottom of pipe to repeat cycle

5. similitud de un colector solar con un invernadero

Un colector solar funciona en forma muy similar a un invernadero. Ambos consisten en un recinto cerrado con una cubierta transparente a través de la cual reciben la radiación solar.

A continuación veremos cuales son los principios básicos del funcionamiento de los invernaderos, a los efectos de aprovechar dicha similitud para entender mejor como funcionan los colectores solares.

6. invernaderos

El diccionario define un *invernadero* como un lugar preparado para defender las plantas contra el frío. También según el diccionario, un *invernáculo* es un lugar cubierto, abrigado artificialmente, para defender las plantas de la acción del frío. De acuerdo a estas definiciones el propósito de un invernadero y el de un invernáculo es el mismo, vale decir proteger las plantas del frío. Pero el invernáculo es un recinto más elaborado pues en su definición se menciona la existencia de una cubierta y un abrigo artificial.

No obstante las diferencias entre estas definiciones, ambas palabras, en general, se usan indistintamente como sinónimos. La construcción de un colector solar se asimila más a la de un invernáculo que a la de un invernadero. Sin embargo cuando las publicaciones se refieren a los calefactores solares dicen que son similares a un invernadero. En inglés se utiliza un único vocablo para ambas palabras: greenhouse.

Sólo a efectos ilustrativos mencionaremos que en relación con los invernaderos, también es común escuchar la frase *efecto invernadero*. Este es un fenómeno que ocurre en la atmósfera terrestre debido a que esta permite pasar determinadas radiaciones solares que llegan a la superficie terrestre, pero impide que escape la mayoría de la energía calórica. El efecto invernadero en la atmósfera terrestre es mucho más complejo que lo que ocurre en un invernadero o en un colector solar, aunque existen similitudes. Si la tierra no tuviera atmósfera su temperatura media sería de -18 °C. Debido al efecto invernadero la temperatura media es de +15°C. El efecto invernadero genera en total un incremento de 33°C (18°C + 15°C) en la superficie terrestre, lo cual hace posible la vida tal cual la conocemos en la actualidad.

6.1. composición de la energía radiante del sol

La energía radiante del sol antes de alcanzar la atmósfera terrestre, está formada por una mezcla de ondas electromagnéticas con un amplio rango de longitudes de onda. Puede ser dividido en dos grandes regiones teniendo en cuenta la capacidad de ionizar los átomos de materia sobre los cuales eventualmente pueda incidir. Esas dos regiones son:

- las radiaciones ionizantes (rayos X y rayos gamma)
- las radiaciones no ionizantes (radiaciones ultravioleta, visible e infrarroja)

Afortunadamente las altamente dañinas radiaciones ionizantes no penetran la atmósfera terrestre. También son absorbidas otras frecuencias de tal manera que la radiación que llega a la superficie terrestre difiere de la emitida por el sol.

El 99% de la radiación solar está comprendida entre 200 y 4000mm, y la mitad de ella, aproximadamente un 49% del total, se encuentra en la llamada ventana de la luz visible.

6.2. Composición de la energía radiante del sol que llega a la superficie terrestre

El cuadro siguiente nos muestra la composición de

sr.miyagi
TELMEX®
voz datos internet telefonia internacional
0800 8899
www.telmex.com/uy

las ondas electromagnéticas procedentes del sol que llegan a la superficie terrestre luego de atravesar la atmósfera, ordenadas según su longitud de onda.

El espectro de esas ondas está constituido por tres grandes regiones:

- las radiaciones ultravioletas (no visibles), con longitud de onda < 400 nm
- las radiaciones visibles, con longitud de onda entre 400 y 700 nm
- las radiaciones infrarrojas (no visibles) > 700 nm

cuadro 2

Longitud de onda en nm	Descripción	Propiedades
280 - 320	UV-B Ultravioleta B	Produce las quemaduras de piel
320 - 400	UV-A Ultravioleta A	Luz negra
400 - 425	Violeta	Luz visible
425 - 490	Azul	
490 - 575	Verde	
575 - 585	Amarillo	
585 - 650	Naranja	
650 - 700	Rojo	
700 - 2500	Infrarrojo	Ondas caloríficas

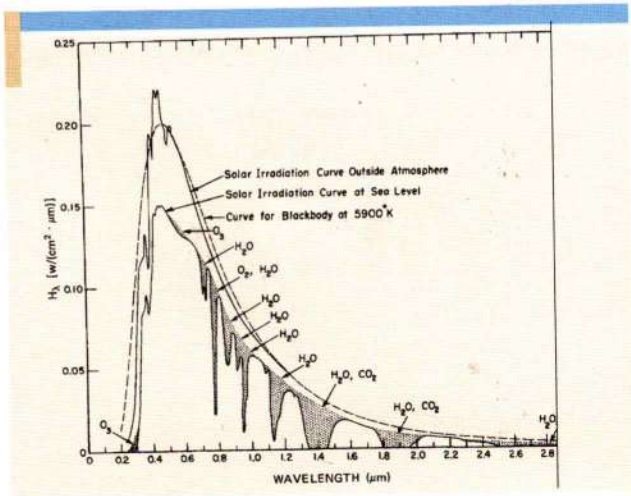
Las radiaciones ultravioletas son parcialmente absorbidas por la atmósfera.

La luz visible es fundamental para el fenómeno de fotosíntesis de las plantas,

En la página siguiente se muestra el espectro de la energía electromagnética emitida por el sol y el espectro que se recibe en la superficie terrestre a nivel del mar.

También se ha representado la curva de emisividad correspondiente a un cuerpo negro a una temperatura de 5900°K, que es la temperatura aproximada de la superficie solar.

Es interesante observar que la atmósfera ocasiona una atenuación general en todas las frecuencias, pero además el vapor de agua y el anhídrido carbónico absorben considerablemente algunas longitudes de onda.


Solar Irradiation Curve Outside Atmosphere
Solar Irradiation Curve at Sea Level
Curve for Blackbody at 5900°K
H_λ [w/(cm² · μm)]
WAVELENGTH (μm)

6.3. comportamiento de la radiación solar cuando incide sobre un medio material

Cuando la radiación solar incide sobre un medio material se producen varias consecuencias. El medio material puede ser transparente u opaco. Cuando la radiación solar incide sobre un medio transparente:

- parte se refleja
- parte se absorbe
- parte se transmite

Los valores relativos dependen de las propiedades del objeto transparente y del espectro solar. Las radiaciones reflejadas y transmitidas no modifican su longitud de onda. En cambio las radiaciones absorbidas se transforman en calor que es vuelto a emitir como radiación infrarroja lejana (de alta longitud de onda).

6.4. fundamentos del funcionamiento de un invernadero

Cuando la radiación solar que llega hasta la superficie terrestre, incide sobre el material transparente que cubre el invernadero, parte se trasmite, parte se absorbe y el resto se refleja. Las proporciones dependen del material y espesor de la cubierta, del ángulo de incidencia y de las longitudes de onda de las bandas de radiación recibidas.

Si la cubierta es de vidrio común (sílice-cal-soda) similar al usado en las ventanas de las viviendas, con un bajo contenido de óxido de hierro, se transmite más del 90% de la radiación de longitud de onda más corta (UV-A y espectro de luz visible), para ángulos de incidencia comprendidos entre 0° y 40° (al aumentar dicho ángulo y aproximarse a los 90°, la luz transmitida se reduce drásticamente).

El resto de la radiación solar es reflejada y absorbida.

La porción de luz reflejada es devuelta al exterior, y la absorbida ocasiona un leve calentamiento del vidrio.

Una vez atravesado el vidrio, la radiación pasa a través del aire contenido en el invernadero sin mayores modificaciones, e incide sobre las superficies generalmente opacas, oscuras y rugosas, del interior del invernadero. Allí la luz incidente sufre una sustancial transformación. En gran parte es absorbida y calienta dichas superficies. El calentamiento de un cuerpo produce un movimiento de las partículas eléctricamente cargadas de sus átomos, y ese movimiento causa una radiación electromagnética denominada radiación térmica. Dicha radiación electromagnética pertenece a la banda de radiación infrarroja de longitud de onda larga.

Pero el vidrio, que es sustancialmente transparente para la radiación UV-A y la luz visible, es relativamente opaco para las radiaciones infrarrojas de longitud de onda larga. Por lo tanto la radiación infrarroja emitida por las superficies interiores del invernadero son absorbidas por el vidrio, el cual aumenta su temperatura y vuelve a emitir radiaciones térmicas hacia el interior y exterior del invernadero.

El invernadero se comporta como una especie de trampa para las radiaciones, que tienen facilidad para entrar pero dificultad para salir.

Al fenómeno descrito precedentemente se le atribuye el aumento de temperatura en el interior de un invernadero cuando sobre él incide la radiación solar. Sin embargo ello es solamente parte de la explicación. En efecto, el hecho de que el invernadero sea un recinto cerrado, ocasiona un confinamiento del aire contenido en su interior.

Esto también contribuye al aumento de temperatu-

ra pues el aire se calienta en contacto con las superficies interiores del invernadero, pero al no poder escapar evita la formación de corrientes de convección que, si el recinto fuera abierto, permitirían el enfriamiento al sustituir el aire caliente por corrientes de aire fresco.

Hay controversias sobre cual de los dos efectos anteriormente descritos es el más importante para aumentar la temperatura interior del invernadero.

Algunos investigadores han realizado experiencias en las cuales sustituyeron el vidrio por otros materiales transparentes a las radiaciones infrarrojas de longitud de onda larga, y no encontraron diferencias sustanciales, lo cual estaría indicando que el confinamiento del aire tiene mayor influencia que la trampa de radiación.

En las Referencias 4 y 5 se mencionan ejemplos en los que en lugar de vidrio se utilizó como cubierta transparente film de polietileno y placas de cloruro de sodio respectivamente. Dichos materiales son transparentes a las radiaciones infrarrojas de longitud de onda larga. Sin embargo no se obtuvieron resultados sustancialmente diferentes a los obtenidos cuando se empleaba vidrio de ventana como cubierta.

7. el efecto invernadero

Como ya mencionamos antes, el Efecto Invernadero es un fenómeno que ocurre en la atmósfera terrestre, y que tiene similitudes con lo que sucede en un invernadero, aunque en una escala completamente diferente.

El nitrógeno, oxígeno y argón, constituyentes principales de la atmósfera terrestre son transparentes a las radiaciones solares, inclusive las de onda larga. En cambio, el vapor de agua y el anhídrido carbónico absorben las radiaciones de onda larga

Por ello se dice que la atmósfera terrestre es casi transparente a las radiaciones solares de onda corta pero es relativamente opaca a las ondas largas excepto unas pocas ventanas de transmisión. Como consecuencia de ello es que actúa en forma similar a la del vidrio de un invernadero.

8. Descripción de algunos sistemas calefactores de agua por radiación solar directa

A continuación describiremos dos de los sistemas más comúnmente utilizados para la calefacción de agua por radiación solar directa.

a. el sistema activo directo con colector de placa plano
b. el sistema pasivo con colector tipo panera

9. componentes de un sistema calefactor de agua por radiación solar directa, del tipo activo directo, con un colector solar de placa plano

Un sistema para la calefacción de agua por radiación solar directa, del tipo activo directo, con un colector solar de placa plano, consta de los siguientes elementos básicos:

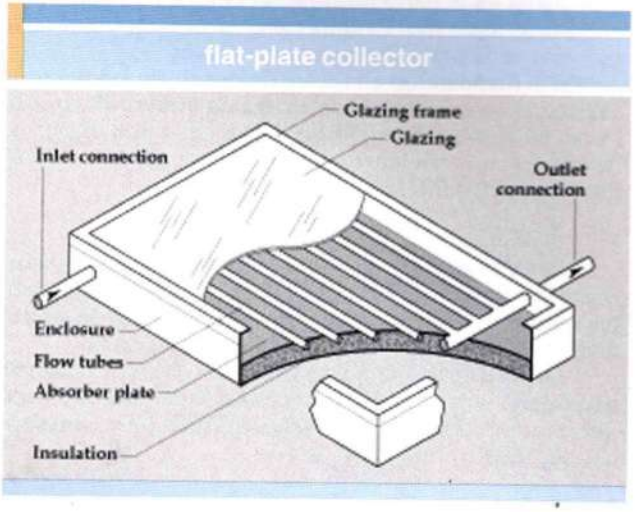
- un colector solar
- un tanque de almacenamiento del agua caliente
- un dispositivo para circular el agua entre el calefactor solar y el tanque
- un sistema calefactor de respaldo
- un sistema de control de operación de todo el sistema

9.1. el colector solar

El colector solar es el corazón de un sistema calefactor. Normalmente tiene una forma rectangular plana. Consta de los siguientes elementos:

- una placa que absorbe la energía solar
- un sistema de caños por los que circula el agua, y que está en íntimo contacto con la placa
- una marco con tapa en el fondo que contiene todo el colector
- una tapa de vidrio en la parte superior
- aislación térmica.

La figura siguiente muestra un colector solar de placa plana.



9.1.1. la placa absorbente

La placa para absorber la radiación (absorber plate), es una placa que abarca todo el colector. Debe ser buena conductora del calor (generalmente es de cobre), y estar pintada de negro para mejor absorción de la radiación. La pintura puede ser un negro mate o también un recubrimiento de cromo negro aplicado mediante un proceso de electrodeposición sobre una base de níquel.

Algunos fabricantes ofrecen placas absorbentes de aluminio. Mediante un proceso especial de fabricación colocan aletas de aluminio a los caños de cobre por los que circula el agua. Las aletas adyacentes se unen mecánicamente entre sí, obteniendo de esta manera una placa contínua de aluminio. Para evitar la corrosión galvánica entre estos dos metales, su unión es realizada de tal manera que se elimina la posibilidad de que se condense o filtre humedad entre ambos.

9.1.2. los caños para la circulación del agua

Los caños por los que circula el agua son de cobre y están adosados a la placa de absorción de cobre mediante soldadura de plata, con lo cual se logra un íntimo contacto que asegura la transferencia de calor de la pla-

CONSORCIO TRACOVIAX S.C.

CONSTRUCCIONES DE CARRETERAS,
PUENTES, OBRAS PORTUARIAS,
MOVIMIENTOS DE TIERRA, ETC.

Wilson Ferreira Aldunate 1342
Tel.: 908 4489 - 908 4469
Fax: 908 4003 - Montevideo

ca a los caños. Los caños pueden estar distribuidos en forma de arpa o en forma de serpentín.

En la figura anterior se muestra la disposición en forma de arpa. Entre dos caños de 1 1/8" de diámetro exterior denominados múltiples (manifolds) van soldados caños de 1/2 "de diámetro exterior (risers), siendo la distancia entre ejes de caños no mayor a 4 1/2". Al múltiple que queda en la parte inferior del colector se conecta la entrada de agua fría. El agua caliente sale por el múltiple que está en la parte superior del colector.

En la disposición en forma de serpentín, en lugar de varios caños en paralelo se utiliza un único caño que se curva en forma de serpentín. La disposición en forma de arpa es más eficiente y ofrece menor pérdida de carga al agua circulante.

9.1.3. el marco

El marco sobre el cual van montados la placa absorbente y los caños, generalmente está construido de perfiles de aluminio extrudado con un tratamiento de anodizado para resistir las inclemencias atmosféricas.

Los accesorios para fijar el marco en su posición de uso deben tener la resistencia adecuada para asegurar que el colector va a resistir a las solicitaciones mecánicas del viento.

9.1.4. la tapa de vidrio

Como tapa superior del colector se utiliza un vidrio templado de 1/8" de espesor, con un bajo contenido de óxido de hierro pues ello le permite transmitir un alto porcentaje del total de la energía solar incidente.

El vidrio común para ventanas (cal-soda-sílice) trasmite una gran parte de la radiación solar recibida, si su contenido de óxido de hierro (Fe_2O_3) es menor que 0,035%. Si el contenido es mayor, la trasmisión de radiación decrece. Es muy importante que la junta entre la tapa de vidrio y el marco sea hermética y resistente a las inclemencias atmosféricas. La entrada de humedad al interior del colector y su condensación en el vidrio, o su acumulación en la aislación térmica disminuye su eficiencia.

No obstante la construcción hermética del colector, en su tapa del fondo debe tener algunos orificios que permitan un flujo suficiente de aire a través del colector para poder eliminar la condensación de humedad que se pueda formar en su interior.

9.1.5. la aislación térmica

Para que el colector sea eficiente las pérdidas de calor hacia el exterior deben ser mínimas. Por ello es que por debajo de la placa absorbente y también en sus bordes se aisla térmicamente.

Debido a que cuando el colector no se está usando puede alcanzar temperaturas muy elevadas, la aislación debe ser capaz de resistirlas sin deteriorarse. Por ello en la mayoría de los colectores solares se utiliza como aislación, lana de vidrio o lana de roca con espesores del orden de 3" (75mm). Debido al menor espesor requerido se utiliza uretano o poli-isocianurato en algunos colectores solares, pero ello no es recomendable porque las altas temperaturas pueden deteriorarlos. También tienen el inconveniente de que en caso de incendio producen gases tóxicos.

9.2. el tanque de almacenamiento de agua

El colector solar actúa como un intercambiador de calor que aprovecha la radiación solar para calentar el agua contenida en sus cañerías. Pero una vez alcanzada una temperatura adecuada, el agua debe ser sustituida por otra, y la ya calentada debe almacenarse para cuando sea requerida su utilización. Por ello es necesario que el sistema tenga un tanque de capacidad adecuada para el almacenamiento del agua caliente. Dicho tanque debe tener una aislación térmica adecuada para minimizar las pérdidas de calor.

9.3 el dispositivo de circulación de agua

Para hacer circular el agua del colector solar al tanque de almacenamiento es necesario algún dispositivo. Normalmente se utiliza una bomba mecánica de circulación accionada eléctricamente. En algunos sistemas más tecnificados, la bomba eléctrica es accionada por células fotoeléctricas, y de esa manera es posible prescindir de energía eléctrica tomada de la red de distribución. Algunos sistemas más elementales utilizan el principio de termosifón para la circulación del agua.

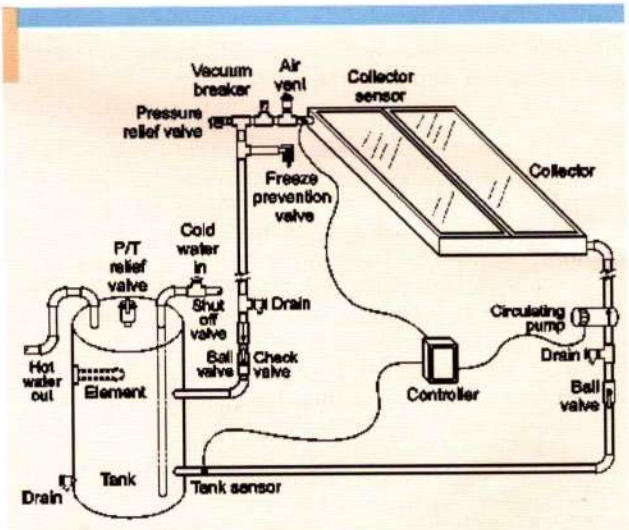
9.4. el sistema calefactor de respaldo

La disponibilidad de la energía solar es aleatoria. Además un sistema que sólo utilice la radiación solar para abastecer las necesidades totales de agua caliente de una vivienda es sumamente costoso. Por ello la solución más común es respaldar un calefactor solar utilizando gas o energía eléctrica tomada de la red de distribución.

9.5. el sistema de control

Para que todos los componentes del sistema que acabamos de describir funcionen adecuadamente y sus prestaciones sean similares a las que estamos acostumbrados es necesario un sistema de control. Existen varios problemas a solucionar. El principal es el control de la temperatura, pero hay otras dificultades. El intercambio de calor requiere la circulación del agua lo cual también requiere un control específico. En países fríos existe un gran problema debido a la posibilidad del congelamiento del agua contenida en el colector solar.

9.6. esquema general del sistema



La figura muestra todos los componentes del sistema (Ref. 6).

El colector solar del tipo de placa plana, ubicado sobre un techo con la orientación adecuada, recibe la radiación solar y calienta el agua. Una bomba de circulación mueve el agua succionándola de la parte inferior del tanque de almacenamiento, y la impulsa a la parte inferior del colector solar. De la parte superior del colector solar sale el agua que llega a la parte superior del tanque de almacenamiento. Dicho tanque tiene además otras dos conexiones independientes de las dos anteriores. Una para la entrada de agua fría proveniente de la red de agua potable, y otra para la salida de agua caliente para el uso de la vivienda.

Un controlador diferencial comanda el funcionamiento de la bomba. Cuando la temperatura del agua del colector es alrededor de 8°C a 11°C mayor que la temperatura en el tanque de almacenamiento, la bomba entra en funcionamiento. Cuando la diferencia de temperatura baja a unos 2°C o 3°C la bomba se detiene. De esta manera el agua siempre obtiene calor del colector cuando la bomba opera. Un recurso usado en algunos sistemas para abaratarlo consiste en sustituir el controlador diferencial por un temporizador que pone en funcionamiento la bomba a ciertas horas durante determinados lapsos cuando la radiación solar está disponible.

Una variación del sistema consiste en alimentar la bomba de circulación con células fotovoltaicas. En este caso no es necesario un controlador diferencial de temperatura pues la bomba sólo se pone en marcha si hay suficiente radiación solar para accionarla.

Un calefactor eléctrico, ubicado en el tanque de almacenamiento y controlado por un termóstato, calienta el agua cuando la calefacción solar es insuficiente.

Otros accesorios en las cañerías permiten evitar algunos riesgos de operación. Una válvula de retención (check valve) asegura que el agua en el circuito de la bomba de circulación sólo pueda fluir en una dirección. Varias válvulas permiten drenar el sistema para vaciarlo en aquellos climas en que existe riesgo de congelación del agua en las cañerías. También son importantes las válvulas de alivio por exceso de presión y por exceso de temperatura.

Cuando en lugar de colectores solares de placa plana se emplean colectores solares con tanque de almacenamiento incorporado o colectores solares tipo panera, puede evitarse la utilización de una bomba de circulación, y por lo tanto es posible independizarse de otras fuentes adicionales de energía.

Como puede apreciarse de las descripciones precedentes, el sistema requiere diversos componentes, algunos especialmente dimensionados para el propósito. El costo, tema que tratamos más adelante, está en concordancia con la complejidad del sistema.

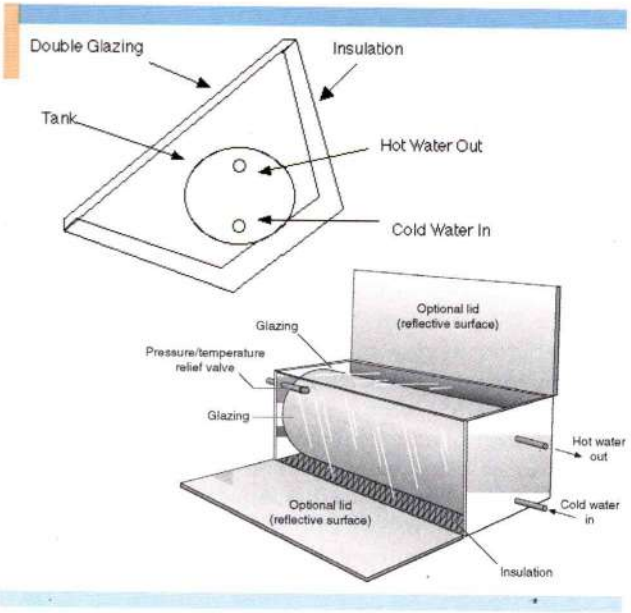
10. Componentes de un sistema calefactor de agua por radiación solar directa, del tipo pasivo, con un colector solar tipo panera

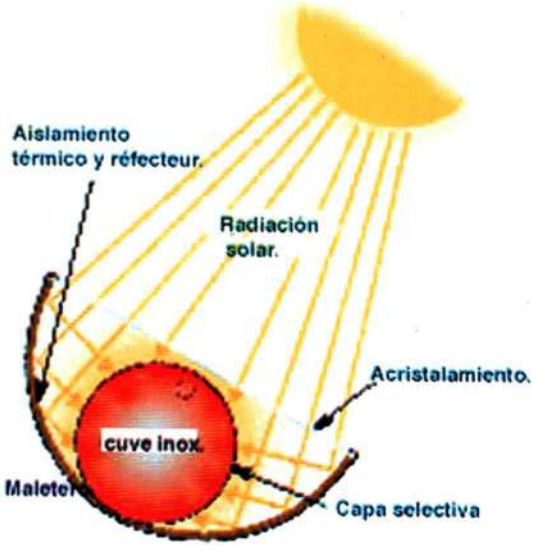
Un sistema para la calefacción de agua por radiación solar directa, del tipo pasivo, con un colector solar tipo panera, consta de los siguientes elementos básicos:

- un colector solar con forma de tanque cilíndrico
- un sistema calefactor de respaldo

10.1. el colector solar tipo panera

Las siguientes figuras muestran tres ejemplos de colectores solares del tipo panera.





RESIDENCIAL
HORACIO QUIROGA

En un agradable entorno y una excelente ubicación recibirá la más cálida atención.

Diferentes programas Day Use y otros " a medida".

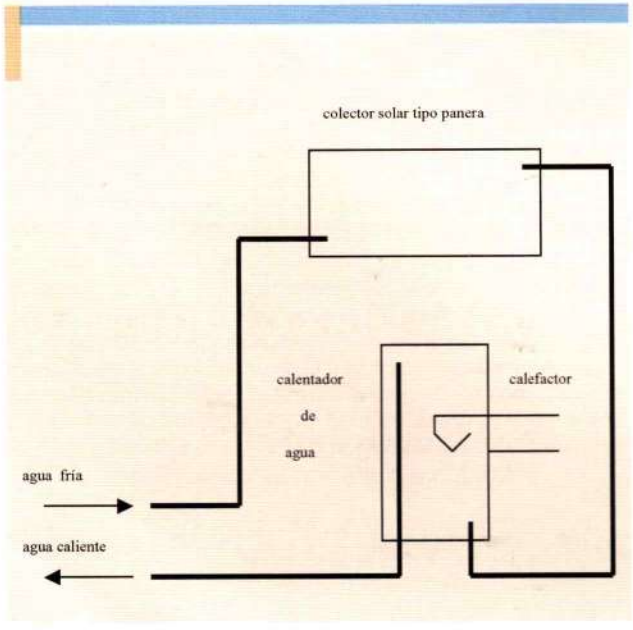
Horacio Quiroga 6320. Tel: 6003305 Cel: 096600580

En las tres figuras se muestra el tanque cuya capacidad puede ser del orden de los 150 litros (40 galones). Es de cobre o acero inoxidable y está pintado de negro y ubicado en una caja bien aislada, con una o dos cubiertas de vidrio. El agua fría entra por la parte inferior del tanque y sale por la parte superior. Como se muestra en la segunda figura pueden agregarse dos superficies reflectoras para incrementar la radiación solar recibida por el tanque. Incluso durante la noche, ambas superficies reflectoras pueden utilizares como tapas del colector para evitar pérdidas de calor excesivas. El gran volumen del tanque evita la posibilidad de congelamiento en climas fríos, y también un aumento excesivo de la temperatura en caso de una radiación solar intensa.

Debido a la gran capacidad volumétrica del tanque comparada con la superficie que recibe la radiación solar, este tipo de colector es menos eficiente comparado con el colector solar de placa plana, ya que la superficie colectora de la radiación solar no puede ser muy grande debido a que ello implica un tanque muy grande y pesado que requiere precauciones especiales para su fijación al techo. Para mejorar el rendimiento y lograr la mayor captación posible de radiación solar, es muy importante que el cajón que contiene el tanque se forre con un material reflectivo.

Debido al peso de este tipo de colector es bastante común su ubicación a nivel del piso. Una alternativa intermedia entre el colector de placa plana y el colector tipo panera es el colector solar con el tanque de almacenamiento incorporado (integral collector storage o ICS) que como ya vimos, consiste básicamente en un recinto cerrado, chato, plano, rectangular, con una cubierta de vidrio, que contiene en su interior numerosos tubos de cobre de 4 pulgadas de diámetro pintados de negro, conectados entre sí, y que actúan a la vez como superficie absorbente del calor, y como depósito de agua.

10.2. esquema general del sistema



El agua fría antes de entrar al calentador eléctrico de agua pasa por el colector solar donde se calienta, y luego ingresa al calentador por la entrada prevista para el agua fría.

Para que el rendimiento del sistema sea aceptable, es muy importante reducir al mínimo todas las pérdidas térmicas. El colector solar tipo panera debe tener como mínimo una aislación térmica de 3 o 4 pulgadas. También las cañerías de agua caliente deben estar muy bien aisladas.

Una forma de utilización del sistema es en la modalidad de tandas, usando agua caliente solamente una vez por día, por ejemplo al anochecer. El calefactor eléctrico se mantiene desconectado con un timer durante el día. Luego en la noche, para aprovechar el agua caliente acumulada en el colector solar se deja salir el agua fría contenida en el calentador, para dejar entrar el agua caliente del colector y luego se conecta el calefactor eléctrico. De esta forma se aprovecha el agua caliente acumulada en el colector solar durante el día, pero obviamente se produce un desperdicio de agua. Este desperdicio de agua no ocurre en los sistemas activos pues gracias al funcionamiento de la bomba de circulación. el agua calentada en el colector ingresa permanentemente en el tanque de acumulación que tienen dichos sistemas.

Si el sistema se utiliza durante todo el día las economías en el calentador de agua se logran debido a que el agua que ingresa en él, tiene una temperatura mayor que la del agua suministrada por la red de agua potable.

De todas formas, los sistemas pasivos, aunque tienen la ventaja de su simplicidad y menor costo, inherentemente tienen una eficiencia bastante menor a la de los sistemas activos.

11. dimensionado de un sistema de calentamiento de agua para uso doméstico mediante el uso directo de la energía solar

Existen numerosas publicaciones que permiten dimensionar un sistema de calentamiento de agua para una vivienda, mediante el uso directo de la energía solar (ver Referencias 8 y 9).

Puesto que son innumerables las variables que intervienen en el funcionamiento de un sistema de calefacción de agua mediante la energía solar, un procedimiento que las tenga todas en cuenta puede resultar bastante engorroso. Sin embargo, como veremos, no es necesaria tanta exactitud, y unas pocas pautas serán suficientes para orientar al usuario.

En general todos los sistemas de calefacción solar deben ser complementados con otra fuente de energía por razones de costo. En efecto sería muy costoso un sistema de calentamiento de agua para uso doméstico basado exclusivamente en el uso de la energía solar. En cambio un sistema combinado puede brindar economías sin inversiones excesivas.

Por esa razón no resulta tan crítica una exactitud extrema en el dimensionado de un sistema de calefacción solar, ya que sus insuficiencias serán subsanadas por el suministro de respaldo. Por lo tanto el dimensionado no depende estrictamente de la cantidad de agua caliente utilizada en la vivienda ya que los excesos en el

uso son cubiertos por la energía de respaldo. En esos casos lo que varía es el porcentaje de ahorro con respecto al gasto total mensual de energía eléctrica.

El objetivo debe ser obtener las mayores economías anuales posibles, y que estas permitan amortizar la inversión inicial en un tiempo razonable, que sea inferior a la vida útil del sistema. De esa manera, una vez amortizada la inversión inicial, las economías serán ganancia pura durante el resto de la vida útil del sistema.

De todas maneras para tratar el tema en términos más concretos asumiremos determinados datos correspondientes a lo que podríamos considerar como una vivienda media.

11.1. elección de un sistema de calefacción solar

En la abundante información existente sobre sistemas de calefacción de agua mediante el uso directo de la energía solar, pueden encontrarse toda clase de tipos y diseños, lo cual puede dificultar la elección del más adecuado para satisfacer las expectativas del usuario. En páginas precedentes se describieron con detalle dos tipos de sistemas más representativos, con un marcado contraste entre ellos. Por un lado teníamos el sistema activo directo con colector de placa plano y por otro el sistema pasivo con colector tipo panera. El primero de ellos es muy eficiente, práctico y seguro, pero de costo elevado. El segundo es muy sencillo y por lo tanto de costo menor pero menos eficiente y de relativa practicidad.

A continuación nos referiremos principalmente a estos dos sistemas asumiendo que la gran mayoría de los otros tipos usados en la actualidad, tienen características comprendidas entre las de estos dos.

11.2. datos para el dimensionado

A los efectos de proyectar un sistema de calentamiento de agua debemos considerar una serie de datos a los efectos de dimensionarlo adecuadamente.

11.2.1. consumo anual Q de agua caliente

El consumo de agua caliente de una vivienda es un dato importante pues nos permite determinar el gasto anual de electricidad necesaria para obtenerla, expresado en kWh por año. Multiplicando dicho valor por el costo del kWh expresado en U$S por kWh, se obtiene el gasto anual de electricidad cuando esta es la fuente exclusiva de energía. Dicho gasto determina la cota superior de la amortización anual, correspondiente a la inversión en un sistema de aprovechamiento de la energía solar, para que este sea económicamente viable.

Los consumos de agua caliente varían según los países debido a la disponibilidad de agua, clima, costumbres y poder adquisitivo de sus habitantes. En EEUU se estima un consumo diario de 75 litros (20 galones) por persona para los dos primeros miembros de la familia, más 57 litros (15 galones) por cada miembro adicional. Para una familia de cuatro integrantes el consumo diario de agua caliente estimado totalizaría:

75 + 75 + 57 + 57 = 264 litros por día. (70 galones)

Para nuestro país vamos a asumir, para una familia de cuatro integrantes un consumo diario que denominaremos q, que totalizaría:

q =45+45+30+30 = 150 litros por día (40 galones)

El consumo anual Q lo obtenemos multiplicando por 365: Q = 150 x 365 = 54.750 litros/año

11.2.2. energía E para calefaccionar el consumo anual Q de agua caliente

La energía E, cualquiera sea su origen, requerida para calentar el volumen anual de agua Q, de 15 a 50°C está dada por la siguiente expresión:

$$E = \frac{Q \times \ddot{A}t}{860} = \frac{54.750 \times 35}{860} = 2.228 \text{ kWh / año}$$

11.2.3. costo C de la energía E utilizando electricidad exclusivamente

Asumiendo para la energía eléctrica una tarifa t de 0,13 U$S/kWh, el costo C de la energía E, necesaria para calentar el consumo anual Q de agua está dado por la siguiente expresión:

$$C = E \times t = 2.228 \times 0{,}13 = 290 \text{ U\$S / año}$$

11.2.4. energía solar j recibida por metro cuadrado de colector

Como valor para la energía de energía solar recibida en nuestro país por unidad de superficie tomaremos el valor medio anual que obtenemos promediando los datos de la última columna del Cuadro 2 de la página 7. Dicho promedio nos da un valor de

$$j = 4{,}6 \ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}$$

Dicho valor es para la incidencia sobre un plano horizontal. El valor aumenta si se orienta el plano según las recomendaciones vistas en la página 3. De todas maneras podemos considerar que el valor de 4,6 kWh por metro cuadrado y por día, es un valor conservador para utilizar en los cálculos como valor medio anual .

Nota: El valor medio anual de la energía solar diaria recibida por unidad de superficie podría calacularse en forma teórica a partir de la constante solar. Para ello habría que integrar la potencia recibida a lo largo del día a nivel de la superficie terrestre, y luego calcular el valor medio anual. Dicha potencia como ya hemos visto depende de innumerables variables. Dichas variables, como ya mencionamos antes son la latitud, la duración del día astronómico, la hora del día , el índice de insolación, la niebla, el polvo y humo atmosférico, la orientación del plano colector, etc. Mucho más sencillo es determinar dicha energía mediante mediciones que es lo que en definitiva hemos hecho al tomar los valores experimentales mencionados en la Referencia 3. El valor de 4,6 kWh por metro cuadrado y por día es del mismo orden de los valores que figuran en otras referencias (Ver refs. 2 y 9).

11.2.5. energía realmente aprovechada por un sistema solar

Los sistemas solares no llegan a aprovechar toda la radiación solar que llega hasta los colectores. En otras palabras cada sistema de calefacción solar tiene un rendimiento que se expresa como un factor menor que la unidad, que multiplicado por la radiación solar que incide en el colector nos da la energía efectivamente aprovechada por el sistema.

La energía solar aprovechada por un sistema *activo* de calentamiento de agua está dada por la siguiente expresión:

$$E_a = \varsigma_a \cdot j \cdot n \cdot 365 \quad \frac{kWh}{año}$$

en la cual

E_a es la energía solar aprovechada por el sistema solar en kWh por año

ς_a es el rendimiento del sistema solar del sistema activo

n es la superficie del colector solar en metros cuadrados

La energía solar aprovechada por un sistema *pasivo* de calentamiento de agua está dada por la siguiente expresión:

$$E_p = \varsigma_p \cdot j \cdot n \cdot 365 \quad \frac{kWh}{año}$$

en la cual

E_p es la energía solar aprovechada por el sistema solar en kWh por año

ς_p es el rendimiento del sistema solar del sistema pasivo

n es la superficie del colector solar en metros cuadrados

No es fácil encontrar datos de rendimientos de colectores solares pues ellos dependen de una gran cantidad de variables. La Referencia 9 da los siguientes valores para la eficiencia global de sistemas de calentamiento de agua por radiación solar:

Eficiencia global de sistemas activos	52 %
Eficiencia global de sistemas pasivos	42 %

Confrontados con datos elaborados a partir de la información de otras referencias, estos valores son excesivamente optimistas por lo que adoptaremos los siguientes valores que consideramos más realistas

$$\varsigma_a = 0{,}33$$
$$\varsigma_p = 0.27$$

Podemos entonces calcular la energía realmente aprovechada por un sistema solar:

$$E_a = \varsigma_a \cdot j \cdot n \cdot 365 = 0{,}33 \times 4{,}6 \times 365 \times n \approx 550.\ n \quad \frac{kWh}{año}$$

$$E_p = \varsigma_p \cdot j \cdot n \cdot 365 = 0{,}27 \times 4{,}6 \times 365 \times n \approx 450.\ n \quad \frac{kWh}{año}$$

El FSEC (Florida Solar Energy Center) es el mayor instituto de los Estados Unidos dedicado a la investigación, ensayo y certificación de equipos para el aprovechamiento de energías renovables. Dicho Instituto realiza ensayos de eficiencia de colectores solares suministrados por distintos fabricantes de todo el mundo. En la Referencia 7, figura una lista con los resultados de los ensayos realizados por el FSEC a 127 colectores solares procedentes de 43 fabricantes. Predominan los colectores del tipo de placa plana, aunque también figuran colectores del tipo con tanque de cobre.

La información es valiosa para los fabricantes de sistemas de calefacción de agua mediante el uso directo de la radiación solar, pues les suministra un criterio para seleccionar el colector más apropiado para sus propósitos. Los valores son útiles para comparar los colectores entre sí, ya que los ensayos se realizan en las mismas condiciones. Sin embargo luego en el funcionamiento real del sistema, el rendimiento puede diferir sustancialmente según las diversas circunstancias en que opera el sistema.

En la Referencia 10, también del FSEC, se dan valores de ahorros anuales para distintas sistemas activos típicos en Florida obtenidos mediante simulaciones realizadas por computación. Los valores exactos pueden variar mucho debido a la gran cantidad de variables que intervienen, estimándose que las cifras obtenidas pueden tener variaciones en más o menos 25%.

Calculando los ahorros específicos por metro cuadrado de colector y por año, para colectores de 2,23, 2,98, y 3,72 metros cuadrados se obtienen valores con una gran dispersión que varía entre 580 y 754 kWh por metro cuadrado por año.

Estos valores son mayores a los que hemos estimados precedentemente, pero debemos tener en cuenta que son válidos para el estado de Florida en EEUU que está a una latitud más próxima al ecuador que nuestro país.

En la Referencia 12 se suministran datos válidos para Dinamarca cuyo clima es considerablemente más frío que el nuestro. En dicha referencia se indican como valores típicos de aprovechamiento de la energía solar de 350 a 450 kWh por metro cuadrado por año para sistemas activos.

En resumen consideramos que un valor de 550 kWh por metro cuadrado y por año para un sistema solar activo en nuestro país, puede ser adoptado con un buen margen de seguridad.

Y para un sistema pasivo, que tiene un rendimiento menor, un valor de 450 kWh por metro cuadrado y por año también es un valor aceptable.

11.2.6. Valor de la energía economizada por un sistema de calefacción solar

Multiplicando los kWh ahorrados por el sistema solar por año, por la tarifa eléctrica del kWh, obtenemos el monto equivalente de la energía eléctrica ahorrada:

Para un sistema *activo* la expresión es la siguiente:

$$V_a = E_a \cdot t = 550 \cdot n \cdot 0.13 = 71{,}50\ n \ \frac{U\$S}{año}$$

donde n son los metros cuadrados del colector.
Para un sistema *pasivo* la expresión es la siguiente:

$$V_p = E_p \cdot t = 450 \cdot n \cdot 0.13 = 58{,}50\ n \ \frac{U\$S}{año}$$

11.2.7. inversión para adquirir e instalar un sistema solar

En la información de los costos de inversión e instalación de un sistema solar se aprecia una gran dispersión de valores. A los efectos de que el lector tenga una idea de los valores que se manejan en dichas informaciones para sistemas usados en viviendas, resumimos algunas cifras provenientes de diferentes referencias:

Costos de Sistemas Activos

- Costo de sistemas activos de 2.000 a 3.500 U$S
- Costo de sistemas activos 1.500 a 3.500 U$S
- Costo de un sistema activo de 2,9 m² U$S 2.806
- Costo de un sistema activo de 5,7 m² U$S 3.481

Costos de Sistemas Pasivos

- Costo de sistemas pasivos de 800 a 1500 U$S
- Costo de sistemas pasivos de 1.000 a 3.000 U$S

Otros Costos de Sistemas sin Especificar

- Costo de sistemas sin especificar tipo 1.500 a 3.000 U$S
- Costo de sistemas "hechos en casa" U$S 300
- Costo de sistemas comerciales U$S 2.000 a 5.000 U$S

Luego de analizar dichas informaciones se puede asumir que, a grandes rasgos, en el costo de todo sistema tenemos dos componentes. Uno de ellos es independiente de la superficie del colector solar pues es la inversión en bombas, cañerías, controles, instalación , etc., y el otro es proporcional a la superficie del colector solar.

Promediando, y redondeando valores hemos llegado a las siguientes cifras que sólo deben considerarse como un intento de aproximación a la realidad:

Sistemas activos: $I_a = 1.800 + 300 \cdot n$ U$S
Sistemas pasivos: $I_p = 500 + 700 \cdot n$ U$S

Siendo I_a e I_p las inversiones en U$S, y n la superficie del colector solar en m².

Los valores de los términos de estas expresiones resultan de las siguientes consideraciones:

Un sistema activo posee, independientemente del área del colector, un conjunto de elementos previstos para circular y almacenar el agua caliente, incluyendo la bomba de agua, el control diferencial de temperatura, los dispositivos de seguridad por sobretemperatura y presión, los accesorios para la purga del sistema, etc. De ahí resulta el término de U$S 1.800. En cambio un sistema pasivo carece de todos esos elementos, por eso el costo independiente de la superficie del colector (U$S 500) es mucho menor.

El componente de costo dependiente de la superficie en los sistemas activos (U$S 300 por metro cuadrado de superficie colectora), se ha obtenido promediando la información suministrada por algunos fabricantes. El costo por metro cuadrado dependiente de la superficie colectora de los sistemas pasivos es bastante mayor (U$S 700 por metro cuadrado de superficie colectora). Se trata de un simple problema geométrico.

El tanque de cobre de un sistema pasivo, con un diámetro D y un largo L, tiene una superficie sobre la cual incide directamente la radiación solar igual a D x L. La superficie de cobre requerida para la construcción del tanque es igual a ð x D x L. En cambio un colector solar plano de ancho D y largo L tiene una superficie igual a D x L sobre la que incide la radiación solar, y el área de cobre para su construcción es D x L. Vale decir que el cobre necesario para igual superficie absorbente es ð veces más grande en un sistema pasivo de tipo panera que en un sistema activo de placa plana.

En el caso del sistema activo debemos adicionar a la superficie de cobre la de los caños y múltiples, pero aún así, la superficie total de cobre sigue siendo menor.

11.2.8. amortización de un sistema solar

Dividiendo la inversión inicial por los años de vida útil de un sistema solar obtenemos el valor de la amortización anual. En general los sistema solares de aprovechamiento directo de la radiación solar no son equipos excesivamente complicados. Si el diseño, la instalación y el mantenimiento son los adecuados, su vida útil puede ser del orden de 15 a 25 años. Para nuestras estimaciones asumiremos una vida útil v de 20 años.

Las expresiones que nos permiten calcular las amortizaciones anuales son los siguientes:

$$D_a = \frac{1800+300.n}{v} = \frac{1800+300 \cdot n}{20} = 90 + 15 \cdot n \ \frac{U\$S}{año}$$

$$D_p = \frac{500+700.n}{v} = \frac{500+700.n}{20} = 25 + 35 \cdot n \ \frac{U\$S}{año}$$

11.2.9. ahorro neto anual de un sistema solar activo

Obtenemos el ahorro neto anual de un sistema solar activo, $a, restando a los ahorros de energía el costo de la amortización.

$$\$_a = V_a - D_a = 71{,}50\ n - 90 - 15\ n = 56{,}5\ n - 90 \ \frac{U\$S}{año}$$

11.2.10. Area del colector de un sistema activo

$$\text{Para } n = \frac{90}{56{,}5} = 1{,}6\ m^2 \qquad \$_a = 0$$

Quiere decir que para un área de colector solar inferior a 1,6 m², desde un punto de vista económico, no

interesa instalar un sistema de calefacción solar, pues el ahorro neto anual es nulo.

Por otra parte la cota superior de la superficie del colector solar está limitada por aquel valor para el cual la energía eléctrica ahorrada iguala al consumo total en el que se incurriría con una calefacción exclusivamente eléctrica.

Vale decir $V_a = 71,5\ n = U\$S\ 290$

de donde resulta $n = \frac{290}{71,5} = 4\ m^2$

Por lo tanto, *dentro de las numerosas hipótesis que hemos asumido*, el valor de n resulta acotado entre 1,6 y 4 m^2. Veamos cuales son los valores de los sistemas correspondientes a esos dos extremos del valor de n.

Para $n = 1,6\ m^2$

- Inversión $1.800 + 300 \times 1,6 = U\$S\ 2.280$
- Amortización $90 + 15 \times 1,6 = U\$S\ 114$
- Ahorro de energía eléctrica $71,5 \times 1,6 = U\$S\ 114$
- Ahorro neto total $114 - 114 = U\$S\ 0$
- Relación entre ahorro anual e inversión $0 / 2.280 = 0\%$

Para $n = 4\ m^2$

- Inversión $1.800 + 300 \times 4 = U\$S\ 3.000$
- Amortización anual $90 + 15 \times 4 = U\$S\ 150$
- Ahorro de energía eléctrica anual $71,5 \times 4 = U\$S\ 286$
- Ahorro neto total anual $286 - 150 = U\$S\ 136$
- Relación entre ahorro anual e inversión $136 / 3000 = 0,045 = 4,5\ \%$

De acuerdo a los resultados precedentes un colector solar de 4 m^2 sería una buena elección para el sistema de calefacción solar dentro de las hipótesis asumidas. Resulta interesante comparar dicho resultado con valores indicados en diferentes publicaciones.

En la Referencia 12 se recomienda para el colector solar una superficie de 1 a 1,5 m^2 por persona. Para nuestro ejemplo de 4 integrantes de una familia nos daría una superficie de 4 a 6 m^2.

En la Referencia 13 la regla empírica recomienda 2m^2 por persona para las dos primeros miembros de una familia, más 0,7 m^2 por cada miembro adicional. Para nuestro caso ello daría $2 \times 2 + 2 \times 0,7 = 5,4\ m^2$.

Teniendo en cuenta la gran cantidad de variables que intervienen en el dimensionado de un sistema de calentamiento de agua por aprovechamiento directo de la radiación solar, podemos decir que los valores obtenidos en nuestro estudio son consistentes con los indicados en otras publicaciones.

11.2.11. ahorro neto anual de un sistema solar pasivo

Obtenemos el ahorro neto anual de un sistema solar pasivo, $\$_p$, restando a los ahorros de energía el costo de la amortización.

$$\$_p = V_p - D_p = 58,50\ n - 25 - 35\ n = 23,50n - 25 \ \frac{U\$S}{año}$$

11.2.12. area del colector de un sistema pasivo

Para $n = \frac{25}{23,50} = 1,06\ m^2$ $\quad \$_a = 0$

Quiere decir que para un área de colector solar inferior a 1,06 m^2, desde un punto de vista económico, no interesa instalar un sistema de calefacción solar, pues el ahorro neto anual es nulo.

Por otra parte la cota superior de la superficie del colector solar está acotada por aquel valor para el cual la energía eléctrica ahorrada iguala al consumo total en el que se incurriría con una calefacción exclusivamente eléctrica.

Vale decir

$V_p = 58,5\ n = U\$S\ 290$

de donde resulta $n = \frac{290}{58,5} = 4,96\ m^2$

Este valor máximo de la superficie del colector para la cual podría sustituirse totalmente la energía eléctrica por energía solar es irreal. En efecto, debido a las características de los sistemas pasivos del tipo panera, que tienen un colector con un gran contenido de agua pero una reducida superficie sobre la que incide la radiación, , difícilmente la temperatura del agua llegue a los 50 °C requeridos. Por lo tanto inevitablemente será necesario un respaldo de calefacción eléctrica. En consecuencia es inútil una superficie de colector tan elevada, si de todas maneras habrá que respaldar el sistema con otra energía. Por esta razón asumiremos un valor menor, por ejemplo aproximadamente la mitad, o sea 2,5 m^2.

Con estos valores de la superficie n del colector tenemos las siguientes características de los sistemas correspondientes.

Para $n = 1,06\ m^2$

- Inversión $500 + 700 \times 1,06 = U\$S\ 1.242$
- Amortización $25 + 35 \times 1,06 = U\$S\ 62$
- Ahorro de energía eléctrica $58,5 \times 1,06 = U\$S\ 62$
- Ahorro neto total $62 - 62 = U\$S\ 0$
- Relación entre ahorro anual e inversión $0 / 600 = 0\ \%$

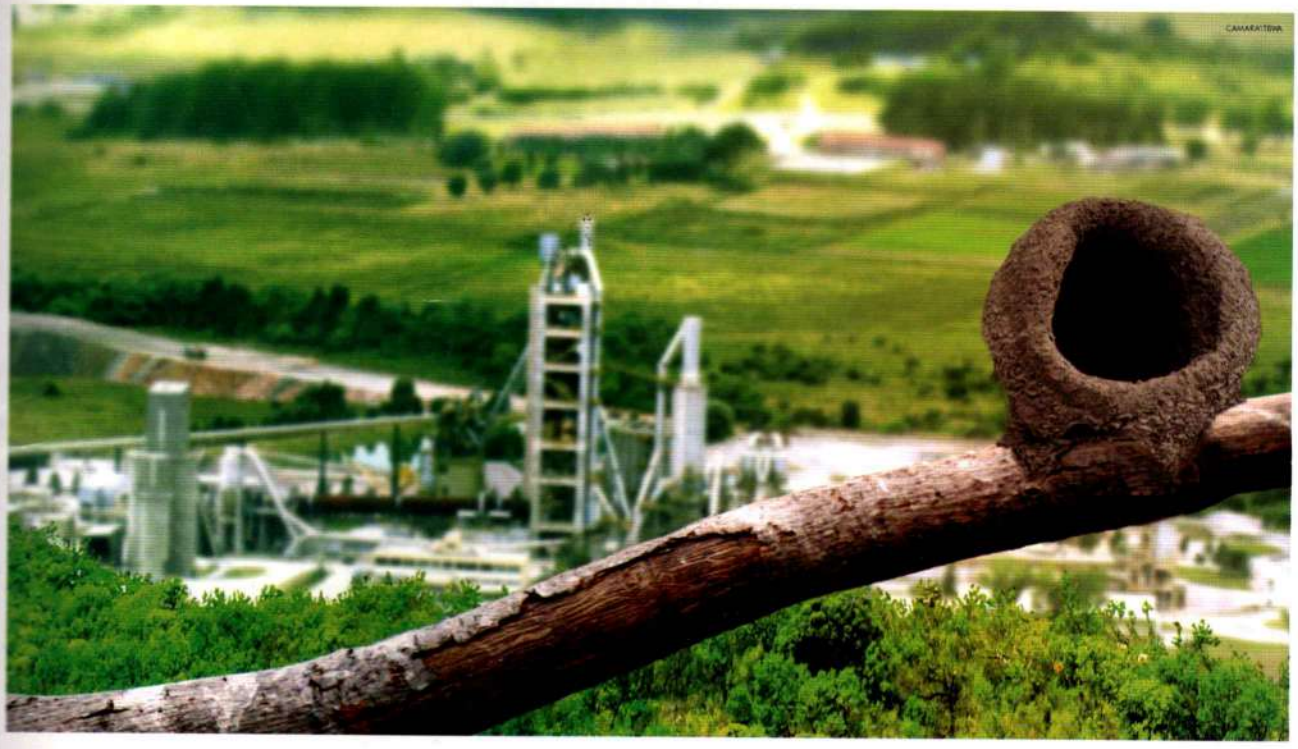
Para $n = 2,5\ m^2$

- Inversión $500 + 700 \times 2,5 = U\$S\ 2.250$
- Amortización anual $25 + 35 \times 2,5 = U\$S\ 112,50$
- Ahorro de energía eléctrica anual $58,5 \times 2,5 = U\$S\ 146,25$
- Ahorro neto total anual $146,25 - 112,50 = U\$S\ 33,75$
- Relación entre ahorro anual e inversión $33,75 / 2.250 = 0,015 = 1,5\ \%$

La próxima parte continuará en el número 53 de nuestra revista.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS

CONSTRUYENDO EL PAÍS PRODUCTIVO



Por respetar el medio ambiente, recibimos la certificación ISO 14001.

Esto significa que hemos sido reconocidos por el esfuerzo y la dedicación en la preservación de nuestro entorno. La política medioambiental manejada en cada una de las plantas, implica constantes inversiones en tecnología, reconstrucción paisajística, forestación y análisis de gases emitidos, entre muchos otros controles. Nuestra consigna ha sido siempre la de producir cuidando el medio ambiente. Hoy, el certificado ISO 14001 nos llena de orgullo, renovando nuestros esfuerzos y ganas de continuar en el mismo rumbo.

CEMENTOS ARTIGAS

COMPAÑIA URUGUAYA DE CEMENTO PORTLAND S.A.

Consulte los precios de instalación.
ADSL
20 horas
$290
POR MES
IVA Inc.
Nos adaptamos a vos para que te adaptes al mundo de hoy.
$145 los primeros 4 meses
SIN OCUPAR LA LINEA TELEFONICA
AGENTE ADSL
N179/A
Misión 934-290
ANTELDATA
ESTAR CONECTADO ES ESTAR.
Contratalo por el 0800 1111 o en www.anteldata.com.uy
La empresa de telecomunicaciones de los uruguayos
ANTEL
TELECOMUNICACIONES